

# Estimasi Lokasi Pengguna Telepon Seluler GSM pada Lingkungan Indoor

Sandryones Palinggi<sup>1</sup>, Asrawati A. Rahman<sup>2</sup>, Irawati Razak<sup>3</sup>, Airin Dewi Utami<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Telekomunikasi  
<sup>1,2,3,4</sup> Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10, Tamalanrea, Makassar, 90245

[sandryones@gmail.com](mailto:sandryones@gmail.com)<sup>1</sup>, [asrawariarahman@gmail.com](mailto:asrawariarahman@gmail.com)<sup>2</sup>, [ira\\_razak@yahoo.com](mailto:ira_razak@yahoo.com)<sup>3</sup>, [airinthamrin@yahoo.com](mailto:airinthamrin@yahoo.com)<sup>4</sup>

## Abstract

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi lokasi pengguna telepon seluler GSM pada frekuensi 914 MHz saat melakukan panggilan / menerima panggilan, mengirim / menerima SMS, ataupun pada saat browsing internet. Adapun metode yang digunakan adalah metode triangulasi. Metode triangulasi adalah cara pendeteksian sinyal telepon seluler (RF) dimana penentuan lokasinya berdasarkan pada lokasi koordinat terkecil yang merupakan pertemuan antara dua atau lebih dari lokasi sampel yang ditentukan sebelumnya. Hasil dari penelitian ini adalah mengestimasi lokasi seat dari pengguna telepon seluler GSM berdasarkan kuat sinyal yang diterima oleh detektor yang kemudian ditampilkan secara audiovisual dan real-time pada personal computer (PC).

**Keywords:** estimasi, lokasi, telepon seluler, triangulasi, jarak encludian

## I. INTRODUCTION

Kemajuan teknologi khususnya dalam bidang telekomunikasi telah memberikan dampak yang luar biasa kepada seluruh masyarakat. Berbagai dampak yang timbul dalam segala aspek kehidupan baik yang bersifat positif maupun yang berdampak negatif.

Mengingat semakin pesatnya perkembangan kemajuan teknologi tersebut, telah memunculkan berbagai dampak yang negatif. Kehadiran telepon seluler di lingkungan sekolah berpotensi mengganggu ketertiban belajar mengajar khususnya penggunaan telepon seluler di dalam ruangan kelas.

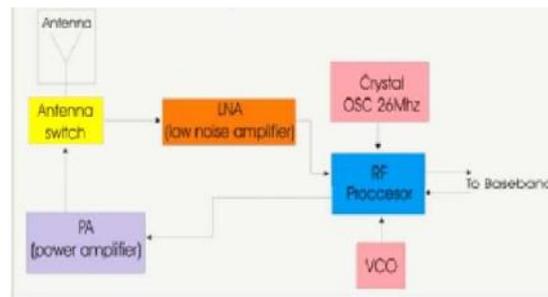
Karena itu perlunya penciptaan detektor telepon seluler untuk menjaga ketertiban sekolah utamanya di dalam ruang kelas. Selain ruang kelas, contoh lokasi yang tidak diperbolehkan untuk menggunakan telepon seluler adalah kabin pesawat komersil dan di rumah sakit yang mana dapat mengganggu komponen-komponen elektronik medis. Efek penggunaan telepon seluler yang tidak terkontrol menyebabkan interferensi frekuensi antara telepon seluler dengan perangkat elektronik yang dapat menyebabkan kerusakan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mendeteksi dan mengestimasi lokasi dari pengguna yang mengaktifkan telepon selulernya GSM, seperti mengirim / menerima SMS, melakukan panggilan / menerima panggilan, ataupun melakukan aktifitas browsing menggunakan internet.

Adapun metode yang digunakan adalah metode triangulasi, yang dapat mengestimasi lokasi pengguna telepon seluler, dengan menggunakan bahasa program Delphi.

## II. LITERATURE REVIEW

Sistem telepon seluler terbagi atas 3 (tiga) bagian yaitu sistem radio, sistem komunikasi telepon dan sistem pemrograman. Sistem radio dan komunikasi telepon terdiri dari rangkaian elektronika pasif dan aktif.

Telepon seluler adalah perangkat elektronik yang sangat umum digunakan di masyarakat saat ini dengan daerah pengoperasian pada band UHF (Ultra High Frequency) yaitu 800 – 1900 MHz (Mega Hertz). Range frekuensi ini dikategorikan sebagai rangefrekuensi yang sangat tinggi dan telah diregulasikan oleh seluruh negara di dunia. Tiap operator telepon seluler menggunakan frekuensi yang berbeda dalam range frekuensi tersebut. [6][7]



Gambar 1. Sistem Transceiver

Pemilihan antenna yang baik dapat memperbaiki kinerja sistem secara keseluruhan karena antenna dapat berfungsi sebagai penguat baik pada pengirim maupun penerima. Secara umum level penerimaan sinyal pada suatu titik dirumuskan:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + 2G - FSL \quad (3.1)$$

$$FSL(dB) = -67.55 + 20 \log f(MHz) + 20 \log D(cm) \quad (3.2)$$

### A. Estimasi Lokasi Menggunakan Teknologi RF

#### 1. Static Scene Analysis

Static scene analysis adalah pengujian ciri khas (feature) tertentu dalam sebuah lingkungan yang mengandung sistem lokasi. Static scene analysis terdiri dari tahap offline dan run-time.

- Tahap offline: Selama tahap ini, pengukuran RF features dilakukan pada lokasi yang telah diketahui.
- Tahap run-time: Pengukuran dari sinyal metric yang sama seperti tahap offline. [6]

#### 2. Algoritma Estimasi Lokasi Klasik

Triangulation (TN): Algoritma membentuk lingkaran yang dipusatkan pada titik akses RF dimana radius tiap lingkaran tergantung pada kuat sinyal yang diukur. Radius lingkaran ditentukan oleh perbandingan hasil pengukuran *run-time* dengan informasi yang tersimpan dalam database lokasi. Sistem persamaan dalam lingkaran dipecahkan, puncak-puncak dari sejumlah area yang digabung dalam lingkaran dapat diketahui dengan menggunakan solusi dari persamaan sistem. Koordinat rata-rata yang membentuk area paling kecil memberikan estimasi lokasi yang terakhir. [6]

### B. Model Propagasi Radio di dalam Ruangan (Indoor)

Pada kanal radio, propagasi sinyal pada lingkungan *indoor* didominasi oleh *refleksi*, *diffraksi* dan *scattering* dari gelombang radio yang disebabkan oleh struktur-struktur gedung. Sinyal yang ditransmisikan umumnya mencapai penerima melalui *multiple paths (multipath phenomenon)*. *Multipath* menyebabkan fluktuasi pada *signal envelope* dan fase yang diterima dan komponen-komponen yang tiba dari lintasan tidak langsung dan langsung berkombinasi untuk menghasilkan sinyal transmisi yang terdistorsi. Propagasi dalam gedung sangat dipengaruhi oleh ciri khas (*feature*) spesifik seperti *lay-out* ruangan, material ruangan dan tipe ruangan. [6]

C. Rugi-rugi Partisi antara Lantai

Rugi-rugi antara lantai gedung ditentukan oleh dimensi eksternal dan bahan bangunan, serta jenis konstruksi yang digunakan untuk membuat lantai dan eksternal sekitarnya. Bahkan jumlah jendela di gedung dan adanya *tinting* (yang melemahkan energi radio) dapat berdampak hilangnya antara lantai. [6]

D. Model Rugi Lintasan [6][7]

Model rugi lintasan *log distance* pada lingkungan *indoor* yang ditentukan oleh tipe gedung adalah :

$$PL(dB) = PL(d_0) + 10n \log \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma \tag{3.3}$$

dimana nilai n tergantung pada keadaan sekitar dan tipe gedung, dan X s merepresentasikan variabel acak zero mean Gaussian distributed dalam dB dengan standar deviasi s dB. PL(d0) adalah rugi lintasan tergantung pada jarak referensi, d0 (jarak pengukuran yang dekat dengan pemancar) dan d adalah jarak pemisah T-R.

Faktor atenuasi untuk lantai (tingkat) gedung mengabaikan efek lantai (FAF=Floor Attenuation Factor) dan mempertimbangkan efek penghalang (dinding) antara pemancar dan penerima, digunakan model Wall Attenuation Factor sehingga menghasilkan persamaan untuk menghitung daya sinyal berikut :

$$P(d)[dBm] = P(d_0)[dBm] - 10n \log \left( \frac{d}{d_0} \right) - \begin{cases} n_w * WAF & n_w < C \\ C * WAF & n_w \geq C \end{cases} \tag{3.4}$$

Perhitungan path loss berdasarkan daya dan gain pada antenna pemancar dan penerima adalah sebagai berikut :

$$PL(dB) = Pt + Gt + Gr - Pr \tag{3.5}$$

Untuk menghitung kuat sinyal menggunakan persamaan berikut :

$$E = \sqrt{\frac{P_{rx} \cdot 120 \cdot \pi}{G_{rx} \lambda^2 / 4 \cdot \pi}} \quad (\text{Volt}) \tag{3.6}$$

- dimana : P<sub>rx</sub> = Daya Terima
- G<sub>rx</sub> = Gain Penerima
- λ = Panjang Gelombang
- E = Kuat Sinyal

Untuk menghitung *error* total terhadap koordinat x dan y digunakan persamaan jarak Euclidian.

$$d_{xy} = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2} \quad (\text{meter}) \tag{3.7}$$

Dimana:

- d<sub>xy</sub> = Jarak Encludian
- x = Koordinat x dari lokasi *user*
- y = Koordinat y dari lokasi *user*
- ĥ = Koordinat lokasi estimasi x
- ŷ = Koordinat lokasi estimasi y

E. Profil Lingkungan Propagasi Indoor

Terdapat 3 (tiga) tipe profil lingkungan indoor yang diketahui, yaitu ruang terbuka, ruang semi terbuka dan ruang tertutup. Penelitian ini menggunakan profil lingkungan indoor dengan tipe profil ruang terbuka. [6]

Profil ruang terbuka adalah lingkungan yang propagasinya memiliki ciri khas dimana pemancar dan penerima dapat melihat satu sama lain, artinya bahwa tidak ada dinding penghalang diantaranya. Seringkali disebut juga sebagai topologi line-of-sight. [6][7]

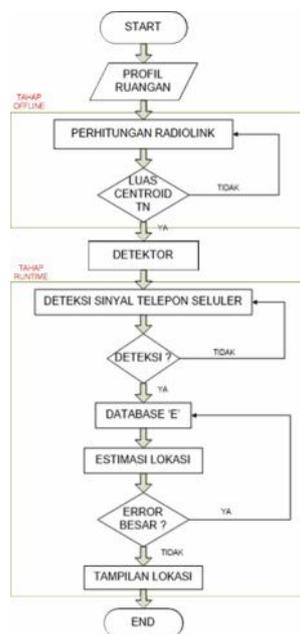


Gambar 2. Profil Ruang Terbuka

### III. RESEARCH METHOD

Proses simulasi ini dilakukan dalam Personal Computer (PC) yang bertujuan untuk menghasilkan simulasi pendeteksian lokasi pengguna telepon seluler GSM secara visual yang dapat bekerja dengan spesifikasi yang diharapkan dalam merealisasikan pengoperasian pengembangan dari program yang dirancang. Gambar 3 menunjukkan flowchart dari rangkaian penelitian yang dilakukan guna mendapatkan estimasi lokasi pengguna telepon seluler dalam lingkungan indoor.

Dimensi ruangan tempat dilakukannya penelitian memiliki panjang 7.06 meter. Sedangkan ukuran lebar dari ruangan adalah 7.91 meter. Maka ukuran dimensi luas dari ruangan tempat dilakukannya penelitian adalah 55.8446 m<sup>2</sup>. Adapun jarak antar lokasi seat berkisar 0.8 m ke arah samping dan 0.68 m ke arah depan / belakang dari lokasi seat. Tempat dilaksanakannya penelitian adalah Gedung Sekolah (GS), Lantai 1, Kelas 108, Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.



Gambar 3. Flowchart

#### IV. RESULTS AND DISCUSSION



Gambar 4. Ruang Kelas GS 108 secara *Real View*



Gambar 5. *Layout* Ruang Kelas GS 108



Gambar 6. Denah Lantai 1 Gedung Sekolah

Pada penelitian ini, digunakan sebuah detektor berupa signal tracker yang dinamakan Super Cruiser dan berfungsi untuk mendeteksi kuat sinyal yang dipancarkan oleh telepon seluler, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4. Disamping itu, pendeteksian kuat sinyal telepon seluler yang dilakukan pada frekuensi 914 menggunakan provider seluler yaitu Simpati yang merupakan produk dari Telkomsel.

Pada Gambar 4 menunjukkan kondisi ruang kelas sebagai tempat dilaksanakannya penelitian. Gambar 5 menunjukkan layout ruangan kelas 108 Gedung Sekolah. Sedangkan Gambar 6 menunjukkan denah Lantai 1 dari Gedung Sekolah (GS) tempat dilaksanakannya penelitian.

Perlu diketahui bahwa dalam melakukan penelitian ini, furniture dari ruangan sangat menentukan sifat-sifat dari sinyal yang dapat memberikan pengaruh berupa pelemahan sinyal dari BTS. Pelemahan akibat dari furniture yang berada dalam ruangan, dapat dijabarkan dalam Tabel 1.

Dalam melakukan percobaan, yang dilakukan pengambilan sampel, handphone diletakkan sekitar 10 sampai 15 menit pada masing-masing lokasi seat secara berurutan, yang kemudian hasilnya dirata-rakan berdasarkan jumlah sampel yang diambil pada masing- masing lokasi.

Dengan menggunakan Persamaan 3.2 maka didapatkan hasil seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3. Seperti yang telah dijelaskan di awal pembahasan, Tabel 4 merupakan hasil dari perhitungan kuat sinyal dari telepon seluler yang diletakkan di masing-masing lokasi seat dengan menggunakan Persamaan 3.6. Pada tahapan penelitian ini, hasilnya dapat dilihat dalam bentuk Tabel 3 dan Tabel 4 yang kemudian disebut tahapan offline.

Tabel 1. Loss Propagasi berdasarkan Material

No	Type Material	Loss (dB)	Frekuensi (MHz)	Referensi
1	Seluruh Logam	26 (dB)	815 MHz	[Cox83b]
2	Papan Aluminium	20.4 (dB)	815 MHz	[Cox83b]
3	Blok Dinding	13 (dB)	1300 MHz	[Rap91c]
4	Rugi-rugi Satu Lantai	20-30 (dB)	1300 MHz	[Rap91c]
5	Dinding	8-15 (dB)	1300 MHz	[Rap91c]
6	Lantai	10 (dB)	1300 Mhz	[Rap91c]

Tabel 2. Loss Propagasi berdasarkan FAF dan Standard Deviasi

No	Building Type	FAF (dB)	Deviation Standard (dB)
<b>Building 1 :</b>			
1	Through One Floor	12.9	7.0
	Through Two Floor	18.7	2.8
	Through Three Floor	24.4	1.7
	Through Four Floor	27.0	1.5
<b>Building 2 :</b>			
2	Through One Floor	16.2	2.9
	Through Two Floor	27.5	5.4
	Through Three Floor	31.6	7.2

Tabel 3. Free Space Loss pada Frekuensi 914

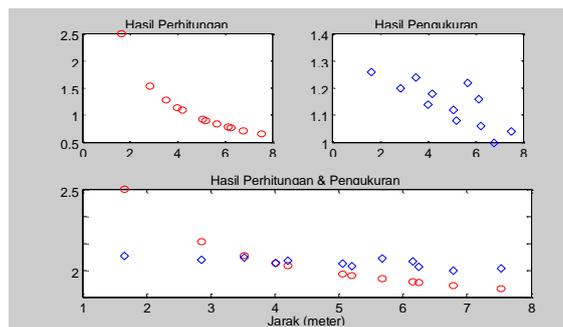
No	Lokasi Seat	Jarak (meter)		FSL pada Frekuensi 914 MHz	
		Terdekat	Terjauh	Terendah (dB)	Tertinggi (dB)
1	1	0.90	1.70	30.8038	36.3279
2	2	1.79	3.50	36.7760	42.6003
3	3	4.00	5.67	43.7601	46.7906
4	4	2.01	2.90	37.7828	40.9669
5	5	2.56	4.22	39.8837	44.2252
6	6	4.42	6.12	44.6274	47.4540
7	7	3.26	4.10	41.9833	43.9746
8	8	3.61	5.12	42.8691	45.9043
9	9	5.09	6.76	45.8533	48.3179
10	10	4.44	5.24	44.6666	46.1055
11	11	4.60	6.27	44.9741	47.6643
12	12	5.91	7.52	47.1507	49.2433

Tabel 4. Parameter Hasil Pengukuran Kuat Sinyal

No	Lokasi Seat	Jarak (meter)	E (Volt)
1	1	0.90 - 1.70	1.2401 - 1.2600
2	2	1.79 - 3.50	1.2201 - 1.2400
3	3	4.00 - 5.67	1.1001 - 1.1200
4	4	2.00 - 2.90	1.2001 - 1.2200
5	5	2.56 - 4.22	1.1801 - 1.2000
6	6	4.42 - 6.12	1.0801 - 1.1000
7	7	3.26 - 4.10	1.1601 - 1.1800
8	8	3.61 - 5.12	1.1401 - 1.1600
9	9	5.09 - 6.76	1.0401 - 1.0600
10	10	4.44 - 5.24	1.1201 - 1.1400
11	11	4.60 - 6.27	1.0601 - 1.0800
12	12	5.91 - 7.52	1.0000 - 1.0400

Dengan menggunakan data yang telah disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4, maka proses yang kemudian disebut sebagai tahapan run-time menjadi lebih mudah. Pada tahapan ini, Tabel 3 dan Tabel 4 dijadikan database yang kemudian diinput ke dalam sebuah program yang telah dibuat dengan menggunakan Bahasa program bernama Delphi7 dimana detektor akan disambungkan ke Personal Computer (PC) yang kemudian berfungsi untuk memvisualisasikan kuat sinyal yang dipancarkan oleh telepon seluler dari masing-masing lokasi seat yang ada di dalam ruang kelas GS 108 seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Selain melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan, pengukuran pun dilakukan untuk mendapatkan perbandingan nilai dari kuat sinyal. Adapun perbandingan tersebut diperlihatkan pada Gambar 7 dimana menampilkan perbandingan secara scattering antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran.



Gambar 7. Scattering Perbandingan antara Hasil Perhitungan dan Hasil Pengukuran terhadap Kuat Sinyal

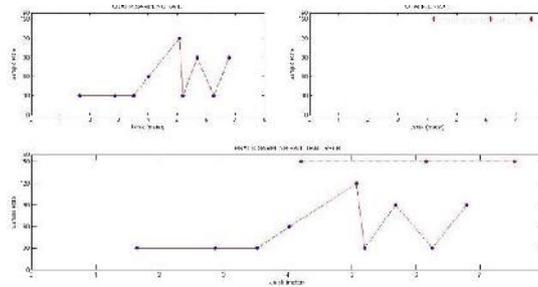
Untuk mengetahui error estimasi dari hasil pengukuran yang telah dilakukan adalah dengan menentukan koordinat dari tiap-tiap lokasi yang ada. Koordinat ini, ditentukan dari lokasi seat yang ada seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.

Dengan menggunakan Persamaan 3.7 serta hasil pengukuran yang didapatkan dengan percobaan yang dilakukan dengan menggunakan detektor, maka hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

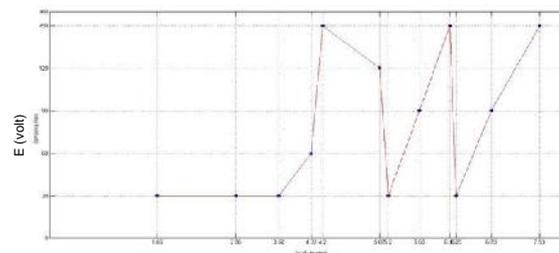
Tabel 5. Estimasi Lokasi dan Error Lokasi

Lokasi Seat	Estimasi Awal		Estimasi 1		Estimasi 2		Estimasi 3		Keterangan
	Seat	Volt	Seat	Volt	Seat	Volt	Seat	Volt	
Seat 1	1	1.2547	-	-	-	-	-	-	
Seat 2	2	1.2360	-	-	-	-	-	-	
Seat 3	6	1.0900	6	1.0950	3	1.1073	2	1.2250	
Seat 4	4	1.0820	-	-	-	-	-	-	
Seat 5	4	1.2130	7	1.1793	2	1.2243	4	1.2020	Error
Seat 6	5	1.1937	5	1.1860	8	1.1480	9	1.1727	Error
Seat 7	4	1.2057	7	1.1780	4	1.2193	8	1.1527	
Seat 8	5	1.1933	6	1.0900	5	1.1860	8	1.1447	
Seat 9	8	1.1450	3	1.1200	9	1.1757	10	1.1280	
Seat 10	10	1.1340	-	-	-	-	-	-	
Seat 11	11	1.0640	-	-	-	-	-	-	
Seat 12	8	1.1593	10	1.1340	8	1.1533	7	1.1627	Error

Dalam melakukan pengujian estimasi lokasi dan error lokasi yang ditampilkan dalam Tabel 5, terlihat bahwa terdapat error dalam pengestimasian lokasi seat dengan menggunakan 4 kali percobaan estimasi.



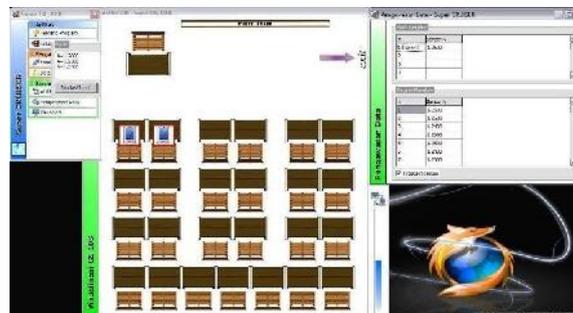
Gambar 8. Grafik Perbandingan *Error Seat* dan *Akurat Seat* berdasarkan *Sampling Rate* dan Jarak (meter).



Gambar 9. Pola Grafik antara Jarak dan *Sampling Rate*

Pada Gambar 8, menunjukkan bahwa titik biru merupakan hasil estimasi yang tepat berdasarkan pada sampling rate yang digunakan. Sedangkan titik merah merupakan hasil estimasi yang error, dimana jumlah sampling rate yang digunakan melebihi ambang toleransi yang telah ditentukan sebelumnya.

Sedangkan Gambar 9, menunjukkan bahwa untuk 30 sampling rate adalah estimasi lokasi yang akurat. Ada 5 lokasi seat yang tepat yaitu pada seat 1 pada jarak 1.65 m, seat 2 pada jarak 2.86 m, seat 4 pada jarak 3.52 m, seat 10 pada jarak 4.02 m, dan seat 11 pada jarak 6.25 m. Untuk 60 sampai 120 sampling rate, estimasi lokasi masih dianggap akurat. Ada 4 lokasi seat yang tepat pada jumlah sampel 30 hingga 120 sampel yaitu seat 3 pada jarak 4.02 m, seat 7 pada jarak 5.07 m, seat 8 pada jarak 5.68 m, dan seat 9 pada jarak 6.79 m. Sedangkan untuk 120 sampling rate lebih, menunjukkan bahwa hasil estimasi mengalami error estimasi. Ada 3 lokasi seat yang mengalami error estimasi yaitu seat 5 pada jarak 4.20 m, seat 6 pada jarak 6.16 m, dan seat 12 pada jarak 7.53 m.



Gambar 10. Hasil Visualisasi dan Estimasi Lokasi *Seat*

Gambar 10 menunjukkan hasil dari visualisasi dan estimasi lokasi *seat* setelah detektor diintegrasikan dengan menggunakan Personal Computer (PC), dimana hasil dari pengujiannya telah sesuai dengan apa yang diharapkan sebelumnya.

## V. Conclusion

### 1. Kesimpulan

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil dari penelitian ini adalah mengestimasi lokasi *seat* dari pengguna telepon seluler GSM berdasarkan kuat sinyal yang diterima oleh detektor. Pendeteksian kuat sinyal telepon seluler GSM berada dalam range 1 – 1.26 volt dan dilakukan di ruangan kelas GS 108.
2. Hasil estimasi lokasi dari 12 *seat* yang ada terlihat bahwa ada 5 lokasi *seat* yang akurat dengan menggunakan 30 sampling rate, 4 lokasi *seat* yang akurat dengan menggunakan 60 sampai 120 sampling rate, dan 3 lokasi *seat* yang mengalami error estimasi dengan menggunakan lebih dari 120 sampling rate.
3. Jarak total rata-rata error estimasi adalah 2.69 m dengan persentase error estimasi yang terjadi adalah  $\frac{3}{12} \times 100\% = 25\%$ .

### 2. Saran

Adapun saran dan masukan dari penelitian ini adalah :

1. Idealnya pengujian detektor pada sistem deteksi sinyal telepon seluler dilakukan dengan menggunakan detektor lebih dari satu buah agar mendapatkan hasil yang jauh lebih akurat.
2. Untuk pengembangan pada tahun-tahun berikutnya, dilakukan tidak hanya di ruang kelas saja, namun dapat diperluas hingga ke pesawat udara komersil, gedung bioskop, dan tempat-tempat umum lainnya.
3. Penelitian ini masih berfokus pada “lokasi” *seat* yang mana estimasi dilakukan tidak sepenuhnya akurat. Akan jauh lebih baik jika dilakukan estimasi terhadap “posisi” dari *seat*.

## REFERENCES

- [1] Bahl, Paramvir., Venkata and Padmanabhan N, “A Software System for Locating Mobile Users: Design, Evaluation, and Lessons,” 1999. IEEE Journal.
- [2] Gwon, Sachin et al, “Robust Indoor Location Estimation of Stationary and Mobile Users,” 2004. IEEE Journal.
- [3] Hashemi, “The Indoor Radio Propagation Channel,” 1999. IEEE Journal.
- [4] Rappaport, Theodore S, “Wireless Communications,” 2002. New York: Pearson Education International.
- [5] Razak, Irawati, “Estimasi Lokasi Robust Indoor Pada Sistem Komunikasi Wireless,” 2006. Thesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Razak, Irawati. dan Ulfiah, Farchia, “Studi tentang Karakteristik Kualitas Sinyal terhadap Profil Gedung dengan Pemodelan Propogasi Radio pada Sistem Komunikasi WLAN,” 2009. Studi Jurnal Media Elektrik, Vol. 4 No.1 Thn 2009 hal. 8-16.
- [7] Razak, Irawati. dan Ulfiah, Farchia, “Rancang Bangun Detektor Sinyal Telepon Seluler di Kabin Pesawat Udara Komersil untuk Keselamatan Penerbangan,” 2010. Hibah Bersaing. DIKTI 2010.