

Digital Repository Universitas Jember

e-JOURNAL UNEJ

ISSN: 2339-0069

Publikasi Ilmiah Elektronik Universitas Jember

<http://jurnal.unej.ac.id/>





Editor

1. Drs. Siswoyo, Ph.D. - **Chief Editor**

SCOPUS ID. [57193830395](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [257755](#)

2. Prof. Drs. Sutrisno, MSc, Ph.D.

Analytical Chemistry - Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

Scopus ID: [7409694601](#) , [57201857986](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6032103](#)

3. Dr. Asep Nurhikmat

Institusi : Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

SCOPUS ID. [57193121462](#) - [Google Scholar Profile](#)

4. Prof. Dr. Titik Taufikurohmah

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya

SCOPUS ID. [57195602919](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [259056](#)

5. Dr. Artoto Arkundato

SCOPUS ID. [22933701900](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5994932](#)

6. Dr. Bambang Piliuharto

SCOPUS ID. [37056268800](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5993961](#)

7. Prof. Slamim, Ph.D.

SCOPUS ID. [7409555666](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [55671](#)

8. Prof. Saiful Bukhori

SCOPUS ID. [37071915000](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5975640](#)

9. Antonius Cahya Prihandoko, Ph.D.

SCOPUS ID. [57194224570](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5984024](#)

10. Purwatiningsih, Ph.D.

SCOPUS ID. [55341566700](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5982555](#)

11. Dr. Muhammad Fatekuraahman

SCOPUS ID. [56523299400](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6037857](#)

12. Dr. Mahros Darsin

SCOPUS ID. [56012509700](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6034191](#)

13. Dr. Nasrul Ilminnafik

SCOPUS ID. [56493131900](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6009122](#)

14. Dr. Dewi Junita K.

[Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [5996715](#)

15. Dr. Retno Utami Agung Wiyono

SCOPUS ID. [55022816000](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6648794](#)

16. Widya Cahyadi

[Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6095107](#)

17. Abdur Rohman

SCOPUS ID. [57192554566](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID.

18. Mukhamad Su'udi, Ph.D.

SCOPUS ID. [24779925000](#) - [Google Scholar Profile](#) - SINTA ID. [6653299](#)

19. Yoyok Yulianto - Web Maintenance

20. Yusril Ihza Mahendra - Secretariat



DAFTAR ISI

JUDUL DAN PENULIS

HALAMAN

Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Pada Hemiselulosa Dalam Sistem Dinamis Sella August Putri, A. Asnawati, Dwi Indarti	1-6
Analisis Variasi Faktor Eksposi dan Ketebalan Irisan Terhadap CTDI dan Kualitas Citra Pada Computed Tomography Scan Arry Y. Nurhayati, Nia N. Nariswari, B. Rahayuningsih, Yuda C. Hariadi	7-12
Rancang Bangun Indoor Positioning System berbasis Wireless Smartphone menggunakan Teknik Global Positioning System dengan Metode Absolut J. Jamaluddin, Agung Tjahjo Nugroho, Wenny Maulina	13-18
Hidrolis Kulit Buah Kopi Oleh Kapang Pestalotiopsis sp. VM 9 Serta Pemanfaatan Hidrolisatnya Sebagai Medium Produksi Protein Sel Tunggal Saccharomyces cerevisiae Zunairoh Nidaan Khofiya, Rudju Winarsa, Kahar Muzakhar	19-23
Screening Fitokimia dan Studi Aktivitas Ekstrak Daun Sintok (Cinnamomum sintoc Bl.) Sebagai Antioksidan dan Antihiperlipidemia Ardine Kumalasari, Wuryanti Handayani, Tri Agus Siswoyo	24-27
Isolasi Emas dari Larutan Kompleks Emas Thiourea Hasil Ekstraksi dengan Metode Elektrolisis Nursiah Nursiah, Tanti Haryati, Novita Andarini	28-33

Rancang Bangun Indoor Positioning System berbasis Wireless Smartphone menggunakan Teknik Global Positioning System dengan Metode Absolut
(*The Design of An Indoor Positioning System Prototype Using Wireless Smartphone by Modify Absolute Method of The Global Positioning System*)

Jamaluddin, Agung Tjahjo Nugroho, Wenny Maulina
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember (UNEJ)
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: agungtnugroho@unej.ac.id

Abstrak

Indoor Positioning System (IPS) merupakan teknologi informasi untuk menentukan posisi objek di dalam ruangan berbasis *wireless smartphone*. Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini adalah empat unit *smartphone*, satu *smartphone* sebagai *transmitter*, dan tiga *smartphone* lainnya sebagai *receiver*. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan model dan tingkat akurasi dari IPS berbasis *wireless smartphone* menggunakan teknik *Global Positioning System (GPS)* dengan metode absolut. Penelitian ini dilakukan dengan membuat dua model IPS dan melakukan pengukuran intensitas sinyal Wi-Fi berdasarkan masing-masing model IPS yang telah dibuat untuk mendapatkan persamaan linier antara jarak dan intensitas sinyal Wi-Fi. Persamaan linier yang didapatkan dari model IPS digunakan untuk menentukan jarak antara *receiver* dan *transmitter* berdasarkan intensitas sinyal Wi-Fi yang terukur pada saat pengujian model, kemudian informasi jarak tersebut digunakan untuk menentukan posisi objek (*transmitter*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model 1 IPS berbasis *wireless smartphone* mampu mengestimasi posisi dengan rata-rata tingkat kesalahan mencapai 4,46 m dan tingkat akurasinya mencapai 76,51%. Model 2 IPS mampu mengestimasi posisi dengan rata-rata tingkat kesalahan 9,68 m dengan tingkat akurasinya mencapai 49,03%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model 1 IPS memiliki tingkat akurasi yang lebih baik untuk mengestimasi posisi objek daripada model 2 IPS.

Kata Kunci: *Global positioning system (GPS), indoor positioning system (IPS), wireless smartphone.*

Abstract

Indoor Positioning System (IPS) is an information technology to determine the position of objects in the room base on *wireless smartphone*. The device used in this research is four units of smartphones, one smartphone as a transmitter, and three other smartphones as a receiver. The focus of this research is to get the design and accuracy level of IPS base on *wireless smartphone* using *Global Positioning System (GPS)* technique with absolute method. This research was conducted by making two IPS design and measuring the intensity of Wi-Fi signal based on each IPS model that has been made to obtain linear equations between the distance and intensity of Wi-Fi signal. The linear equations obtained from the IPS design are used to determine the distance between the receiver and the transmitter based on the intensity of the measured Wi-Fi signal during the design test, then the distance information is used to determine the position of the object (*transmitter*). The results showed that design of 1 IPS base on *wireless smartphone* is able to estimate the position with an average error rate reaches 4.46 m and the accuracy rate reaches 76.51%. Design of 2 IPS is able to estimate the position with an average error rate of 9.68 m with an accuracy rate of 49.03%. Based on these results, it can be concluded that design of 1 IPS has a better accuracy level to estimate the position of the object than the design 2 IPS.

Keywords: *Global positioning system (GPS), indoor positioning system (IPS), wireless smartphone .*

PENDAHULUAN

Sebuah sistem *tracking* yang umum dipakai adalah menggunakan *global positioning sistem (GPS)*. GPS merupakan salah satu fitur pada *smartphone* yang memudahkan pengguna untuk mengetahui koordinatnya, yaitu berupa data *latitude* dan *longitude*. GPS ini digunakan untuk menentukan posisi dipermukaan bumi dengan bantuan satelit [8]. Satelit GPS berputar mengelilingi bumi selama 12 jam di dalam orbit yang akurat dan mengirimkan sinyal informasi ke bumi. *Receiver* GPS menerima sinyal informasi tersebut dan menggunakan perhitungan triangulasi untuk menghitung lokasi pengguna dengan tepat. *Receiver* GPS membandingkan waktu sinyal dikirim dengan waktu sinyal diterima. Setelah informasi posisi

didapatkan sehingga diketahui berapa jarak dari satelit dan posisi pengguna. *Pseudorange* merupakan suatu kode pengamatan yang menggunakan perbedaan antara waktu transmisi di satelit dan waktu penerima pada *receiver* GPS di bumi [5]. Menurut Wells [10] persamaan pengamatan untuk *pseudorange* ditunjukkan pada persamaan (1).

$$p = r + c (dt - dT) \quad (1)$$

Keterangan:

p adalah *pseudorange*,
r adalah jarak antara satelit GPS dengan *receiver* GPS,
c adalah kecepatan cahaya,
dt adalah waktu pengiriman sinyal satelit GPS,
dT adalah waktu penerimaan *receiver* GPS.

Persamaan jarak antara satelit GPS dengan *receiver* diberikan oleh persamaan (1) berikut,

$$r = \sqrt{(x_s - x)^2 + (y_s - y)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

r adalah jarak antara satelit GPS dengan penerima,

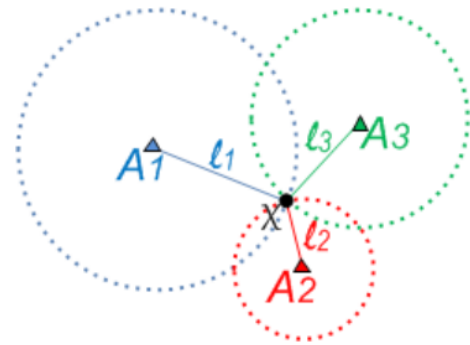
(x_s, y_s) adalah koordinat satelit GPS,

(x, y) adalah koordinat *receiver*.

Namun sistem *tracking* berbasis GPS seperti ini bekerja dengan bergantung penuh pada sinyal-sinyal satelit, sehingga pada saat ingin melacak atau mengetahui posisi suatu objek yang berada didalam gedung sistem ini akan memiliki keakurasian yang rendah, karena *receiver* hanya menerima sinyal dari beberapa satelit. Seperti yang diketahui, pada prinsipnya sebuah GPS *receiver* menerima informasi dari tiga buah satelit untuk menentukan posisi. GPS *receiver* berada dalam *line of sight* (LoS) terhadap ketiga satelit tersebut untuk menentukan posisi, hal ini menyebabkan GPS hanya ideal untuk digunakan dalam *outdoor positioning* Habibi dan Shiddiqi [3]. Sehingga GPS tidak ideal untuk digunakan sebagai *indoor positioning*. Perkembangan teknologi terbaru untuk mengatasi masalah tingkat akurasi yang rendah pada GPS ketika digunakan di dalam gedung yaitu diciptakan *indoor positioning system* (IPS).

Indoor positioning system (IPS) merupakan teknologi informasi yang berfungsi untuk menemukan posisi suatu objek di dalam gedung Putra, dik. [7]. IPS memanfaatkan teknologi nirkabel yang saat ini hampir terpasang di gedung-gedung pendidikan, perkantoran, dan pusat perbelanjaan, sistem ini dapat menemukan posisi objek dalam ruangan, baik berupa orang, benda, dan lain-lain. Sistem IPS bekerja dengan cara memanfaatkan sinyal-sinyal Wi-Fi yang dipancarkan oleh beberapa *access point* (*transmitter*). Sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter* kemudian diterima oleh *receiver*, pada *receiver* sudah terinstal sebuah aplikasi pengukur intensitas sinyal Wi-Fi yang diterimanya dari *transmitter*. Sistem akan menerima *input* dari *receiver* berupa kekuatan sinyal Wi-Fi yang kemudian akan mengeluarkan *output* berupa koordinat posisi *receiver*.

Trilaterasi merupakan salah satu metode utama untuk mengestimasi posisi objek yang bergerak di dalam gedung dengan Wi-Fi. Metode trilaterasi bekerja dengan menghitung jarak objek (l_1, l_2, l_3) dari tiga titik yang diketahui (A_1, A_2, A_3), yang biasanya titik tetap dengan koordinat yang telah diketahui untuk digunakan menentukan posisi objek seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Metode ini banyak digunakan dalam survei GPS. *Receiver* GPS menggunakan metode trilaterasi untuk mengetahui posisi, kecepatan, elevasi dan lain-lain. Dalam *indoor positioning system* (IPS), koordinat *access point* dianggap sebagai referensi tetap dan *database* untuk menyimpan. Lokasi dari *access point* harus ditetapkan terlebih dahulu, termasuk koordinat *access point* dan alamat *media access control* (MAC) masing-masing *access point* [4].



Gambar 1. Trilaterasi GPS (Sumber: Hu, 2013)

Penelitian mengenai IPS pernah dilakukan oleh Perdana, dkk. [6] yang meneliti tentang implementasi *Indoor Positioning System* berbasis *smartphone* dengan penambahan *access point* untuk studi kasus gedung teknik informatika ITS. Pada sistem IPS seperti saat ini dibutuhkan beberapa *access point*/Wi-Fi router untuk memancarkan sinyal Wi-Fi. Sehingga diperlukan adanya solusi untuk mengatasi permasalahan pencarian objek di dalam gedung yang memiliki sedikit *access point* atau tidak memiliki *access point* sama sekali.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis ingin merancang sebuah IPS berbasis *wireless smartphone* dengan sumber Wi-Fi yang tidak berasal dari *access point* namun melalui fitur *hotspot* pada *smartphone* (*transmitter*). IPS di bangun dengan mengadopsi prinsip kerja dari GPS yaitu dengan menggunakan metode absolut. Metode absolut adalah metode yang digunakan GPS dalam penentuan posisi hanya menggunakan satu alat *receiver* GPS [2]. Karakteristik dari metode absolut ini yaitu satelit-satelit mengirim sinyal secara terus menerus berupa posisi satelit, waktu, dan lain-lain. *Receiver* GPS menerima sinyal dan menghitung jarak ke satelit tersebut, dan kemudian *receiver* GPS mengkalkulasi posisi *receiver* GPS [1]. Pada penelitian ini dilakukan penentuan posisi objek yaitu posisi *transmitter* dengan menggunakan prinsip penentuan posisi metode absolut pada GPS. Sehingga dengan memanfaatkan satu sumber sinyal Wi-Fi saja sudah dapat menemukan posisi objek meskipun pada dasarnya Wi-Fi belum dirancang untuk penentuan posisi, namun gelombang radio yang dipancarkan dapat digunakan untuk estimasi penentuan posisi dengan memanfaatkan kekuatan sinyal Wi-Fi yang ditangkap oleh *smartphone* lainnya (*receiver*).

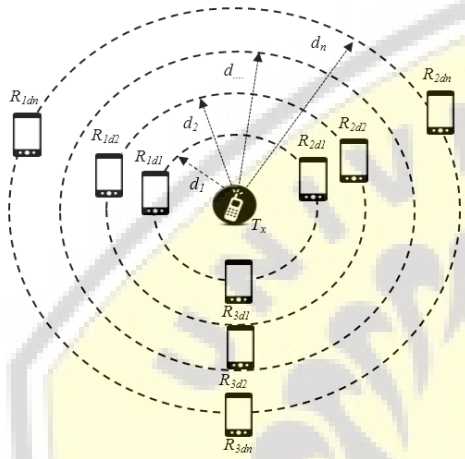
METODE PENELITIAN

Model *indoor positioning system* (IPS) dalam penelitian ini dirancang menjadi dua model. Model 1 IPS seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Penentuan persamaan pada model 1 IPS dilakukan dengan mengukur intensitas sinyal Wi-Fi pada masing-masing *receiver* setiap perpindahan 1 m menjauhi *transmitter*. Semua *receiver* bergerak menjauhi *transmitter* hingga jarak antara *receiver* dan *transmitter* sebesar 20 m. Sedangkan untuk model 2 IPS ditunjukkan pada Gambar 3, penentuan persamaan pada model 2 IPS ini juga dilakukan dengan pengukuran intensitas sinyal Wi-Fi pada *receiver* setiap perpindahan 1 m, namun hanya salah satu *receiver* (*receiver 2*) yang bergerak menjauhi *transmitter*, sedangkan *receiver* yang lain (*receiver 1* dan 3)

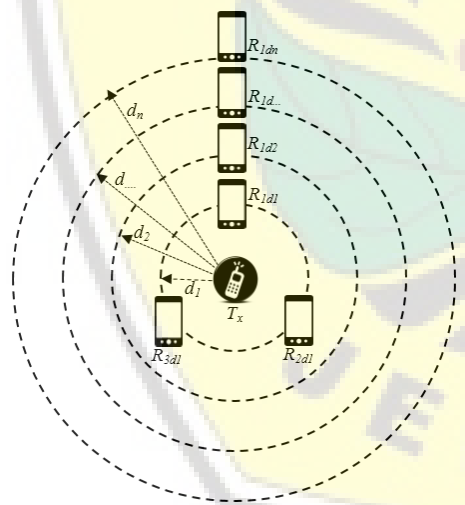
tetap pada jarak referensi tertentu. Jarak *receiver* 1 dan 3 terhadap *transmitter* yaitu 3 m. Pengukuran intensitas Wi-Fi dilakukan hingga *receiver* yang bergerak mencapai jarak antara *receiver* dan *transmitter* 20 m. Hasil pengukuran Intensitas sinyal Wi-Fi pada jarak 1 m - 20 m dianalisis menggunakan regresi linier untuk mendapatkan persamaan linier antara jarak dengan intensitas sinyal Wi-Fi seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.

$$I = m d_{ij} + c \quad (2)$$

dengan I adalah intensitas sinyal Wi-Fi yang diterima oleh *receiver*, m adalah gradien garis, d_{ij} adalah jarak antara *transmitter* dan *receiver*, dan c adalah konstanta.



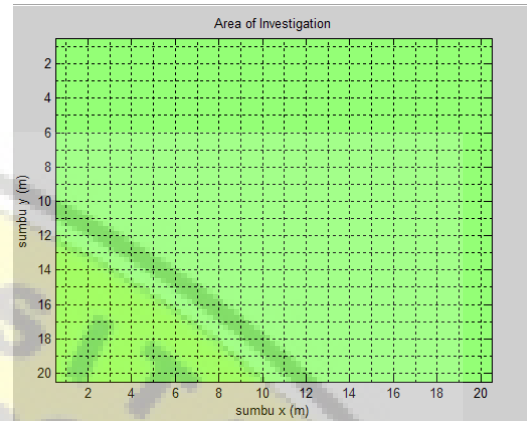
Gambar 2. Model 1 IPS



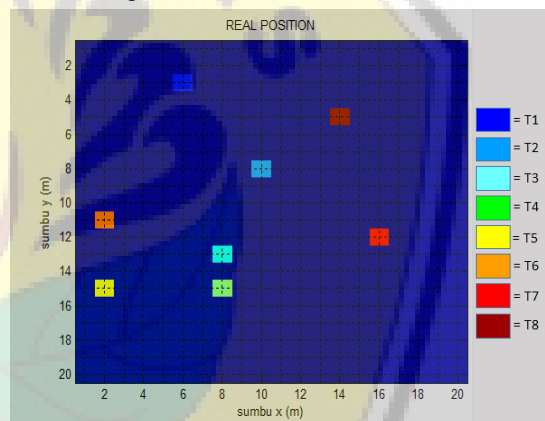
Gambar 3. Model 2 IPS

Setelah pembuatan model IPS dan mendapatkan persamaan pada masing-masing model IPS, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian pada model IPS yang sudah dibuat. Pengujian model IPS bertujuan untuk mengetahui seberapa baik tingkat akurasi dari masing-masing model IPS yang sudah dibuat. Pengujian model IPS dilakukan dengan membuat suatu area pengujian model IPS (*area of investigation*) dengan ukuran panjang 20 m dan lebar 20 m yang dibagi oleh *pixle* dengan ukuran 1 m x 1 m seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah pembuatan *area of investigation* selesai, dilanjutkan dengan

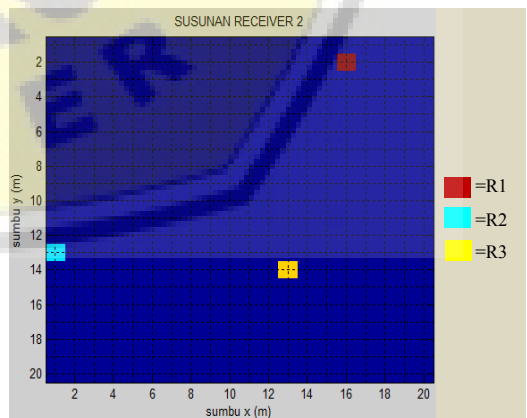
meletakkan 8 titik *transmitter* secara acak yang akan diestimasi posisinya seperti ditunjukkan pada Gambar 5. *Receiver* juga disebar secara acak dalam *area of investigation* seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Setelah 8 titik *transmitter* ditentukan, penelitian dilanjutkan dengan pengukuran intensitas sinyal pada masing-masing *receiver* untuk setiap titik *transmitter* dimulai dari titik T1 hingga T8.



Gambar 4. Area of investigation IPS berbasis wireless smartphone



Gambar 5. Posisi asli sebaran titik *transmitter* dalam *area of investigation*



Gambar 6. Susunan *receiver* dalam *area of investigation*

Teknik RSSI menggunakan model penentuan jarak dengan mengukur kuat sinyal yang diterima oleh *receiver* yang dikirim oleh *transmitter*. Kuat sinyal dalam satuan dBm, merupakan perambatan sinyal dari satu lokasi ke

lokasi lain. Jarak dalam penelitian ini didapatkan dari persamaan linier antara jarak dengan intensitas sinyal Wi-Fi pada masing-masing model kalibrasi IPS seperti pada persamaan (3.1). Sehingga dengan mendapatkan nilai intensitas sinyal Wi-Fi (I) saat pengujian model dapat mengetahui jarak antara *transmitter* dengan *receiver* yang selanjutnya informasi jarak tersebut dapat digunakan untuk estimasi posisi *transmitter*.

Tahap Estimasi Posisi, pada tahap ini dilakukan proses kalkulasi posisi *transmitter* berdasarkan informasi jarak dan koordinat posisi yang didapat dari *receiver*. Penentuan posisi sebuah titik bisa didekati dengan tiga buah titik atau lebih, dimana ketiga titik diasumsikan sebagai tiga buah lingkaran dengan koordinat titik pusat masing-masing yaitu $((x_{R1}, y_{R1}), (x_{R2}, y_{R2}), (x_{R3}, y_{R3}))$ yang mempunyai jari-jari (d_{R1}, d_{R2}, d_{R3}) dan ketiga lingkaran tersebut saling bersinggungan terhadap sebuah titik $B_1 (x_T, y_T)$, seperti pada Gambar 3.1. jika diasumsikan setiap titik pusat lingkaran adalah *receiver j* dan titik yang bersinggungan oleh tiga lingkaran tadi adalah *transmitter i*, maka merujuk kepada persamaan jarak antara dua titik *i* dan *j* secara umum dapat dituliskan sebagai:

$$\hat{d}_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \tag{3}$$

Algoritma lokasi hiperbolik dua dimensi digunakan untuk mendapatkan koordinat estimasi posisi *transmitter i* [9]. Algoritma ini dapat mengkonversi persamaan non linier (3) menjadi bentuk persamaan linier agar dapat dengan mudah dicari solusinya.

Jika $R_j = x_j^2 + y_j^2$ adalah komponen *receiver j* dan $T_i = x_i^2 + y_i^2$ adalah komponen *transmitter i*, maka persamaan (3) dapat dituliskan dalam bentuk linier sebagai berikut:

$$\hat{d}_{ij}^2 - R_j = -2x_i x_j - 2y_i y_j + T_i \tag{4}$$

Selanjutnya dengan $j=1,2,...M$ *receiver*, maka persamaan (4) dapat dikembangkan menjadi:

$$\begin{aligned} \hat{d}_{i1}^2 - R_1 &= -2x_i x_1 - 2y_i y_1 + T_i \\ \hat{d}_{i2}^2 - R_2 &= -2x_i x_2 - 2y_i y_2 + T_i \\ \hat{d}_{iM}^2 - R_M &= -2x_i x_M - 2y_i y_M + T_i \end{aligned} \tag{5}$$

Dalam bentuk matriks dapat dituliskan sebagai $b = GZ$ dengan

$$b = \begin{pmatrix} \hat{d}_{i1}^2 - R_1 \\ \hat{d}_{i2}^2 - R_2 \\ \vdots \\ \hat{d}_{iM}^2 - R_M \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} -2x_1 & -2y_1 & 1 \\ -2x_2 & -2y_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -2x_M & -2y_M & 1 \end{pmatrix}$$

dan

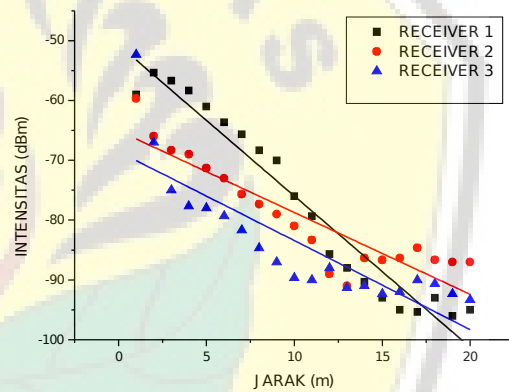
$$Z = (x_i, y_i, T_i)^T \tag{6}$$

Dimana estimasi posisi *transmitter* dapat dicari dengan solusi *least square* dari bentuk matriksnya, yaitu

$Z = (G^T G)^{-1} G^T b$. Dengan koordinat posisi dari *transmitter i* adalah $(x_i, y_i) = (Z(1), Z(2))$. Pengolahan data hasil eksperimen dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R2014a.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 7 merupakan grafik karakteristik model 1 IPS berbasis *wireless smartphone*. Grafik tersebut merepresentasikan sebaran data dari model 1. Karakteristik masing-masing *receiver* berbeda dalam menerima intensitas sinyal yang dikirim oleh *transmitter*. Daya terima *receiver 1* tidak stabil pada jarak dekat yaitu 1 m dengan *transmitter*, untuk jarak 2 m – 17 m *receiver 1* mulai stabil dan mengalami peningkatan pada jarak 18 m yang kemudian tidak stabil hingga jarak 20 m. *Receiver 2* merupakan *receiver* dengan daya terima yang stabil dari jarak dekat hingga jarak 13 m dan mengalami peningkatan pada jarak 14 m, namun untuk jarak diatas 14 m *receiver 2* tidak stabil. Begitupun dengan *receiver 3* yang mempunyai daya terima intensitas sinyal Wi-Fi stabil hingga jarak 11 m dari *transmitter* dan tidak stabil pada jarak diatas diatas 11 m.



Gambar 7. Grafik karakteristik model 1 IPS berbasis *wireless smartphone*

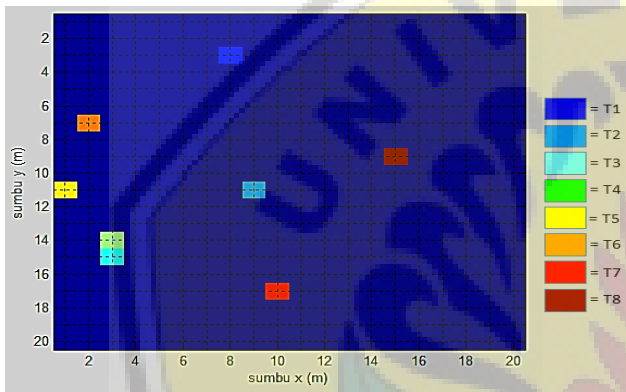
Perbedaan daya terima intensitas sinyal Wi-Fi masing-masing *receiver* mungkin dikarenakan *smartphone* berasal dari *vendor* yang berbeda. Sehingga daya tangkap masing-masing *smartphone* terhadap sinyal Wi-Fi yang ditransmisikan berbeda. Ketika *receiver* saling berdekatan terjadi sedikit gangguan sehingga salah satu *receiver* tidak stabil pada jarak yang dekat dengan *transmitter*. Begitu juga ketika *receiver* mulai berada pada jarak yang cukup jauh, data menunjukkan kecenderungan yang berbeda. Semakin jauh jarak antara *receiver* dan *transmitter* maka intensitas sinyal yang terukur harus semakin lemah, namun yang terjadi pada jarak di atas 12 m sebagian data semakin kuat.

Grafik pada Gambar 7 dianalisis menggunakan regresi linier untuk mendapatkan persamaan linier masing-masing *receiver* yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Persamaan yang didapatkan kemudian digunakan untuk menentukan jarak antara *transmitter* dan *receiver* berdasarkan intensitas sinyal yang diterima oleh *receiver* yang selanjutnya berfungsi sebagai input untuk menentukan posisi *transmitter*.

Tabel 1. Persamaan linier model 1 IPS berbasis *wireless smartphone*

Receiver	Persamaan linier
1	$I = -2,53 d_{ij} - 50,70$
2	$I = -1,37 d_{ij} - 65,06$
3	$I = -1,49 d_{ij} - 68,55$

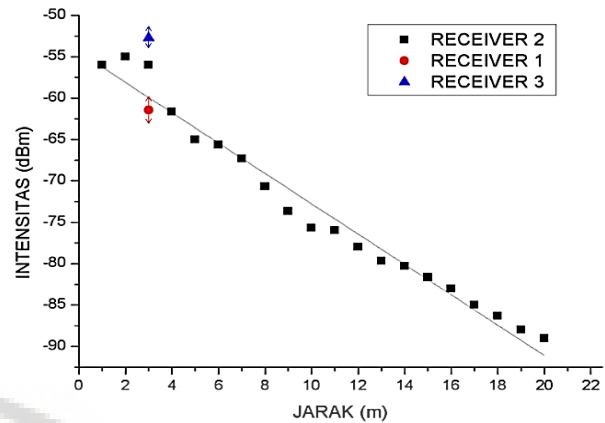
Gambar 8 merupakan rekonstruksi hasil estimasi posisi berdasarkan intensitas sinyal Wi-Fi yang diterima oleh *receiver*. Pada gambar tersebut terdapat perbedaan posisi asli sebaran titik transmiter dalam *area of investigation* yang ditunjukkan pada Gambar 5. Perbedaan tersebut diindikasikan dengan bergesernya titik-titik *transmitter* hasil rekonstruksi. Model 1 IPS dapat merekonstruksi semua hasil estimasi posisi dengan tingkat kesalahan terkecil yaitu 2 m dan akurasi terbaiknya mencapai 89,47%. Model 1 IPS memiliki rata-rata tingkat akurasi 76,51% seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.



Gambar 8. Hasil rekonstruksi model 1 IPS berbasis *wireless smartphone*

Tabel 2. Evaluasi hasil rekonstruksi model 1 IPS berbasis *wireless smartphone*

Real-Position		Est-Position		Error (m)	Akurasi (%)
X	Y	X	Y		
6	3	8	3	2,00	89,47
10	8	9	11	3,16	83,36
8	13	3	15	5,39	71,66
8	15	3	14	5,10	73,16
2	15	1	11	4,12	78,30
2	11	2	7	4,00	78,95
16	12	10	17	7,81	58,89
14	5	15	9	4,12	78,30
Rata-rata				4,46	76,51



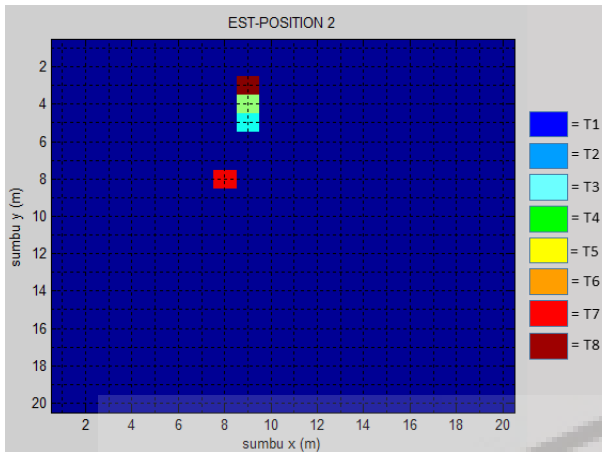
Gambar 9. Grafik karakteristik model 2 IPS berbasis *wireless smartphone*

Grafik pada Gambar 9 dianalisis menggunakan regresi linier untuk mendapatkan persamaan linier model 2 IPS berbasis *wireless smartphone* yang ditunjukkan pada Tabel 3. Persamaan linier yang didapatkan merupakan karakteristik masing-masing *receiver*. Persamaan ini digunakan untuk mendekati data hasil pengukuran yang kemudian digunakan untuk menentukan jarak antara *receiver* dan *transmitter* berdasarkan intensitas sinyal yang diterima oleh *receiver*.

Tabel 3. Persamaan linier model 2 IPS berbasis *wireless smartphone*

Receiver	Persamaan linier
1	$I = -9,86^{13} d_{ij} + 2,96^{14}$
2	$I = -1,83 d_{ij} - 54,44$
3	$I = -3,59^{14} d_{ij} + 1,08^{15}$

Rekonstruksi estimasi posisi model 2 berdasarkan intensitas sinyal Wi-Fi yang diterima oleh *receiver* direpresentasikan pada Gambar 10. Pada gambar tersebut dapat terlihat adanya perbedaan yang sangat signifikan antara posisi asli *transmitter* (Gambar 5) dengan posisi hasil rekonstruksi (Gambar 10). Model 2 hanya dapat merekonstruksi lima hasil estimasi posisi dengan T2 dan T8 berada pada koordinat yang sama, sedangkan tiga estimasi posisi yang lain tidak dapat direkonstruksi karena pada salah satu koordinat hasil estimasi bernilai nol dan negatif. Sehingga tiga hasil estimasi tersebut berada diluar jangkauan *area of investigation* yang telah ditentukan.



Gambar 10. Hasil rekonstruksi model 2 IPS

Evaluasi hasil rekonstruksi model 2 IPS ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut model 2 dapat mengestimasi posisi dengan tingkat kesalahan yang besar yaitu 5,10 m. Untuk titik-titik yang lain tingkat kesalahan mencapai 16,55 m. Rata-rata tingkat kesalahan IPS berbasis *wireless smartphone* dalam mengestimasi posisi model 2 ini sebesar 9,68 m. sedangkan untuk tingkat akurasi, model 2 hanya mampu mencapai tingkat akurasi 73,16%. Rata-rata tingkat akurasi IPS model 2 paling bagus sebesar 49,03%. Tingkat akurasi yang rendah ini dapat terjadi pada model 2 karena dalam rancangan model 2 hanya satu *receiver* (*receiver* 2) yang bergerak, sedangkan *receiver* 1 dan *receiver* 3 diam pada titik tertentu. Sehingga dua *receiver* tersebut tidak dapat mengakomodir distribusi sebaran intensitas sinyal Wi-Fi yang dipancarkan setiap perubahan *pixel*.

Tabel 4. Evaluasi hasil rekonstruksi model 2 IPS

Real-Position		Est-Position Data 1		Error (m)	Akurasi (%)
X	Y	X	Y		
6	3	9	-4	7,62	59,92
10	8	9	3	5,10	73,16
8	13	9	5	8,06	57,57
8	15	9	4	11,05	41,87
2	15	9	0	16,55	12,88
2	11	9	-2	14,76	22,29
16	12	8	8	8,94	52,92
14	5	9	3	5,39	71,66
Rata-rata				9,68	49,03

KESIMPULAN

Model 1 IPS memiliki tingkat akurasi lebih baik dari pada model 2 IPS. Hal tersebut dibuktikan dengan rata-rata tingkat akurasi yang dimiliki model 1 IPS mencapai 76,51%, sedangkan rata-rata tingkat akurasi yang dimiliki model 2 IPS hanya mampu mencapai 49,03%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Bapak Bowo Eko Cahyono dan Ibu Arry Yuariatun Nurhayati selaku dosen penguji yang telah banyak memberi masukan dan saran dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astrini, R. dan P. Oswald. 2012. *Modul Pelatihan Quantum GIS Tingkat Dasar: untuk Pemetaan Evakuasi Tsunami*. Mataram: GIZ-Decentralization as Contribution to Good Governance / BAPPEDA.
- [2] El-Rabbany, A. 2002. *Introduction to GPS: the Global Positioning System*. Boston: Artech House, INC.
- [3] Habibi, W dan A. M. Shiddiqi. 2011. *Pembangunan Sistem Pelacakan Dan Penelusuran Device Mobile Berbasis Global Positioning Sistem (GPS) Pada Platform Mobile Google*. Tesis. Surabaya. Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Hu, B. 2013. *Wi-Fi Based Indoor Positioning System Using Smartphones*. Tesis. Melbourne. School of Mathematical and Geospatial Sciences Royal Melbourne Institute of Technology (RIMT) University.
- [5] Mama, M. 2008. *Matheatical Modelling of The Global Positioning System Tracking Signals*. Tesis. Karlskrona: Departement of Mathematical Science Blekinge Institute of Technology.
- [6] Perdana, F. H., R. V. Hari Ginardi, dan F. X. Arunanto. 2016. *Implementasi Indoor Positioning System berbasis smartphone dengan penambahan Acces Point untuk Studi Kasus Gedung Teknik Informatika ITS*. *Jurnal Teknik ITS*. 5(2): A336-A341.
- [7] Putra, R. I. P., W. Wibisono, dan H. Studiawan. 2013. *Sistem Pendeteksi Posisi dalam Ruang Menggunakan Kekuatan Sinyal Wi-Fi dengan Penerapan Algoritma Cluster Filtered KNN*. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1): 1-5.
- [8] Rahayu, S. B. 2013. *Perancangan Aplikasi Mobile Berbasis Android Tentang Pencarian Hotel dan Pom Bensin di Kota Bumiayu*. *Skripsi*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer AMIKOM Yogyakarta.
- [9] Tarrío, P., A. M. Bernardos, dan J. R. Casar. 2011. *Weight Least Squares Techniques for Improved Received Signal Strength Based Localization*. *MDPI Sensors*. 2011(11): 8569-8592.
- [10] Wells, D., N. Beck, D. Delikaraoglou, A. Kleusberg, E. J. Krakiwsky, G. Lachapelle, R. B. Langley, M. Nakiboglu, K. P. Schwarz, J. M. Tranquilla, P. Vanicek. 1999. *Guide to GPS Positioning*. Fredericton, N. B.: Departement of Geodesy and Geomatics Engineering Uniersity of New Brunswick.