

# PELACAKAN POSISI DENGAN METODE ITERATIVE 3D EPM GEOMETRIC DAN PEMANTAUAN KUALITAS SINYAL PADA JARINGAN GSM

Agus Salim<sup>1)</sup>, Jusak Irawan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Sistem Informasi, STIKOMP Surabaya, email : cyborneo@gmail.com

<sup>2)</sup> Jurusan Sistem Informasi, STIKOMP Surabaya, email : jusak@stikom.edu

**Abstract :** Mobile location estimation or mobile positioning is a crucial technology for mobile computing. The research is to provide the estimation of the mobile station's location (MS) under the GSM network in Surabaya. The design of location model based on the common attribute of all cellular radio networks, the Received Signal Strength (RSS). The Three Dimension Ellipse Propagation Model (3D EPM), which is an extension of the Ellipse Propagation Model is a geometric model which considers the directional transmission property of the antenna. It enhanced the traditional propagation model by resembling the contour line of signal strength as an ellipse rather than a circle and hence becoming more realistic. 3D EPM is a simple approximate relationship between the RSS and the MS-BS distance. We use a Three Dimension Geometric Algorithm (3D Geometric), which is an extension of the Geometric Algorithm, to calculate the location of the Mobile Station. In order to get a stable and accurate estimation, we iterate the value based on the 3D EPM & 3D Geometric result. With the technical support from the local mobile phone operator, this experiment can be conducted in different kind of environments in Surabaya.

**Keywords :** Mobile Positioning, Location Estimation, Signal Strength, Base Station, Iterative Approach, - Network Monitor

Kemajuan dunia teknologi informasi dan komunikasi saat ini semakin bertumbuh sangat pesat, telah merambah ke dalam semua aspek kehidupan manusia. Khususnya, pada perkembangan teknologi estimasi lokasi (*Mobile Positioning*) yang telah mendapat banyak perhatian potensial dalam pemanfaatannya dibidang logistik, pariwisata, hiburan, panggilan darurat (polisi, pemadam kebakaran, ambulans), informasi statistik jaringan telekomunikasi (Operator *GSM & CDMA*), bahkan untuk tujuan komersial seperti layanan berbasis lokasi (*Location Based Services*) (Willassen, 1998)

Telah banyak teknologi *positioning* yang dikembangkan, salah satu yang paling terkenal yaitu teknologi *Global Positioning System (GPS)* yang memanfaatkan satelit. Meskipun teknologi *GPS* umumnya banyak dipergunakan untuk estimasi lokasi, namun masih ada beberapa kelemahan yang dimilikinya yakni tidak akurat pada daerah padat dan tidak mampu menjangkau lokasi di dalam gedung (Zhou, 2007:15)

Di sisi lain, justru pada daerah padat bahkan di dalam gedung, sinyal jaringan operator telekomunikasi memiliki cakupan yang sangat luas & baik. Oleh karena itu, dengan memanfaatkan

jaringan operator telekomunikasi sangat dimungkinkan dapat menjadi metode alternatif pendukung bagi *GPS* dalam perkembangan teknologi *positioning* yang lebih ekonomis dan praktis, yakni memiliki jangkauan hingga ke dalam gedung serta tanpa perangkat tambahan, cukup dengan mempergunakan telepon selular (ponsel) yang kita miliki.

Selain daripada itu, pada tahun 1996 Komisi Komunikasi Federal (*FCC*) Internasional yang berkedudukan di Amerika Serikat mewajibkan semua operator seluler agar mampu mengestimasi lokasi pelanggannya bila terdapat panggilan darurat. Oleh sebab itu, perkembangan teknologi *positioning* berbasis jaringan operator seluler telah menjadi topik penelitian yang populer saat ini (Zhou, 2007:1)

Untuk itu, penulis bekerja sama dengan salah satu pihak operator seluler nasional dengan harapan dapat mewujudkan suatu aplikasi alternatif pendukung *GPS* yang lebih ekonomis dan praktis, dengan kemampuan dapat mengestimasi lokasi *User* sekaligus memantau kualitas sinyal yang dapat bermanfaat bagi pihak operator seluler.

Dalam pemeliharaan sistem berskala besar, operator seluler selama ini masih mengalami

hambatan untuk mengetahui kualitas sinyal 100jaringannya di seluruh Indonesia. Hal itu dikarenakan, perlu adanya survei lapangan, tenaga ahli, peralatan dan tentu saja biaya serta waktu yang dibutuhkan untuk menjangkau lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) mereka yang berjumlah ribuan di seluruh Indonesia. Diharapkan dengan dibangunnya aplikasi ini, dapat membantu untuk memantau kualitas sinyal jaringan mereka di seluruh Indonesia secara *Real Time* dan menghemat biaya operasional.

Sistem yang dibangun, akan melibatkan aplikasi pada sisi ponsel dan pada sisi komputer *desktop* (Server). Pada sisi ponsel, terdapat aplikasi *Network Monitoring* (Netmon) yang berfungsi menampilkan dan mengirim parameter sinyal ponsel menuju ke komputer *Server* melalui *GPRS* / *SMS*. Aplikasi ini ada yang bersifat komersial maupun *Open Source*. Dalam kasus ini penulis menggunakan salah satu aplikasi *Netmon Open Source* yang diciptakan oleh Vadim Yegorov seorang warga negara Latvia.

	Chnl	Rx	C1	C2
SC	43	-61	44	44
1.	45	-78	27	27 N
2.	37	-80	25	25 N
3.	39	-80	25	230 N
4.	49	-80	25	25 N
5.	46	-81	24	24 N
6.	27	-82	23	3 N
7.	xxx	xxx	xxx	xxx x
8.	xxx	xxx	xxx	xxx x
MCC	510	Chnl num	43	
MNC	01F	BSIC	B16	
LAC	13382	Cell id	61143	

Gambar 1. Network Monitoring

Sedangkan pada sisi komputer server, aplikasi akan mempergunakan metode *Iterative 3D Ellipse Propagation Model* & *3D Geometric* (*3D EPM-Geometric*), salah satu algoritma yang ditemukan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Cina bernama DR. Junyang Zhou, yang bertempat tinggal di Hong kong. Algoritma ini telah diujicobakan pada kondisi perkotaan Hong kong yang sangat padat penduduk dengan banyak gedung pencakar langit.

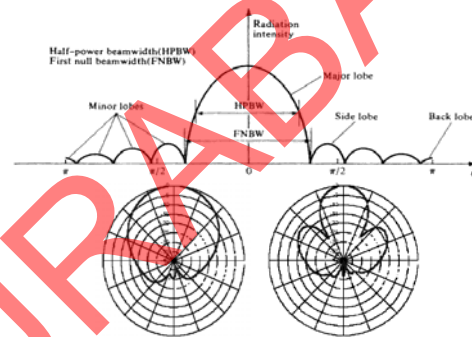
Sangat banyak algoritma yang telah ditemukan oleh para ilmuwan dalam perkembangan teknologi *positioning* berbasis jaringan seluler dan tentu saja pasti terdapat kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Penulis menegaskan bahwa aplikasi yang akan dibangun hanya sebagai salah satu alternatif pendukung dan pelengkap bagi teknologi *GPS* untuk saling menutupi kelemahan dan saling melengkapi kelebihan yang dimiliki oleh masing-masing teknologi. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi besar

bagi masyarakat umum, serta menjadikan penulis lebih berpengalaman untuk mengimplementasikan disiplin ilmu dalam dunia nyata.

## METODE

### Iterative 3D Ellipse Propagation Model

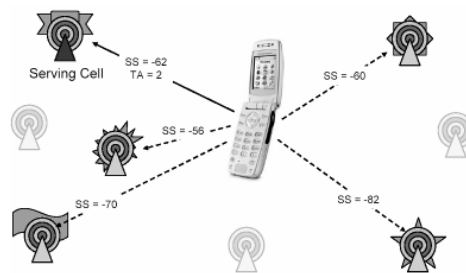
*Ellipse propagation model* merupakan metode yang mempertimbangkan arah transmisi sinyal yang dipancarkan *BTS*. Arah transmisi sinyal tersebut pada kenyataannya lebih menyerupai bentuk ellipse daripada bentuk sebuah lingkaran, sehingga dalam formulasinya karakteristik ellipse juga perlu diperhatikan (Zhou, 2004)



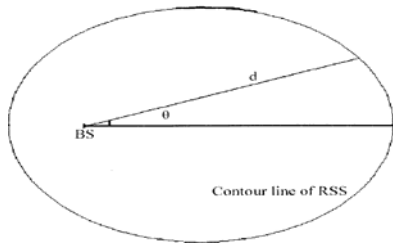
Gambar 2. Ilustrasi Bentuk & Arah Transmisi *BTS*

Algoritma ini membutuhkan beberapa parameter utama yang dikirim dari ponsel *User* menuju komputer server. Parameter tersebut adalah *Channel* (*BCCH*), *Cell ID*, *Received Signal Strength* (*RSS*) & *Location Area Code* (*LAC*).

Parameter dari ponsel kemudian akan disesuaikan dengan data parameter *Base Transceiver Station* (*BTS*) yang telah tersimpan dalam *database*.



Gambar 3. Ilustrasi Pelacakan Posisi



Gambar 4. Ilustrasi Model EPM (2D)

Metode 3D EPM sangat dipengaruhi oleh posisi kemiringan antena BTS, untuk itu diperlukan adanya perhitungan sudut kemiringan horisontal & vertikal terhadap posisi antena BTS. Berikut adalah formulanya :

$$\theta(X_n) = \frac{5\pi}{2} - \text{bear} - \arccos\left(\frac{x_n - \alpha}{\sqrt{(x_n - \alpha)^2 + (y_n - \beta)^2}}\right)$$

Jika  $y_n > \beta$  (1)

atau

$$\theta(X_n) = \frac{\pi}{2} - \text{bear} + \arccos\left(\frac{x_n - \alpha}{\sqrt{(x_n - \alpha)^2 + (y_n - \beta)^2}}\right)$$

Jika  $y_n \leq \beta$  (2)

$$\delta(X_n) = \arcsin\left(\frac{z_n - \gamma}{\sqrt{(x_n - \alpha)^2 + (y_n - \beta)^2 + (z_n - \gamma)^2}}\right)$$

Keterangan :

$\theta$  = Sudut horisontal antena (radian)

$\delta$  = Sudut vertikal antena (radian)

$(x_n, y_n, z_n)$  = Nilai inisialisasi awal estimasi lokasi *MS* (lintang, bujur, tinggi)

$(\alpha, \beta, \gamma)$  = Posisi *BTS* (lintang, bujur, tinggi)

Bear = Sudut hadap (azimuth) antena *BTS* (radian)

$(X_n)$  = Iterasi ke - n

Setelah nilai  $\theta$  dan  $\delta$  diatas diperoleh, kemudian hasilnya dimasukkan ke dalam formula 3D EPM :

$$d(X_n) = k(s^0/s)^{1/\alpha} \frac{\frac{e_1 \cos(\theta(X_n)) \cos(\delta(X_n)) + \frac{1}{1+e_1} \sqrt{1 - \frac{e_1^2(1-e_2^2) - e_2^2(1-e_1^2)}{1-e_2^2}} \sin^2(\delta(X_n))}{1 + \frac{e_1^2 \sin^2(\theta(X_n)) \cos^2(\delta(X_n)) + \frac{e_2^2}{1-e_2^2} \sin^2(\delta(X_n))}}{2}}$$

(4)

Keterangan :

$d$  = Jarak *BTS* - *MS* (meter)

$k$  = Ukuran konstan (antara 0,5 s/d 1,5)

$s^0$  = Tenaga yang dipancarkan *BTS* (watt)

$s$  = Tenaga sinyal yang diterima ponsel (watt)

$e_1$  = *Eccentricity* (kemampatan) horisontal ellipse (antara 0 s/d 1)

$e_2$  = *Eccentricity* (kemampatan) vertikal ellipse (antara 0 s/d 1)

$\alpha$  = *Konstanta Path Loss Exponent (PLE)*

Dalam dunia teknologi gelombang radio, terdapat istilah *Path Loss* yakni, nilai rasio antara tenaga yang ditransmisikan dengan tenaga yang diterima setelah mengalami reduksi dalam perambatan melalui suatu ruang tertentu (Rappaport, 1996:72). Selain itu, terdapat nilai standarisasi yang bisa dijadikan acuan dalam perambatan gelombang radio melalui suatu ruang dan lingkungan tertentu yang kemudian dikenal dengan istilah *Path Loss Exponent (PLE)*. Berikut tabel *PLE* :

Tabel 1. *Path Loss Exponent*

Environment	PLE, n
Free space	2
Urban area cellular radio	2.7 to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 to 5
In building line of sight	1.6 to 1.8
Obstructed in building	4 to 6
Obstructed in factories	2 to 3

Sumber : Rappaport, 1996

Dalam penelitian ini, nilai  $k$ ,  $e_1$ ,  $e_2$  dan *PLE* masih merupakan nilai asumsi dan diinputkan secara manual dikarenakan tingkat akurasi pelacakan posisi masih sangat tergantung dari variabel tersebut diatas dan belum ditemukannya suatu formulasi yang benar-benar akurat untuk mencari nilai variabel tersebut.

### Iterative 3D Geometric Algorithm

Metode 3D Geometric dimanfaatkan untuk mengetahui lokasi *User* berdasarkan data hasil perhitungan jarak yang dilakukan oleh metode 3D *EPM*.

Diasumsikan, lokasi *User* dengan  $M(x, y, z)$ , kemudian *RSS* dari tiap *BTS* disimbolkan dengan  $s_1, s_2, s_3, s_4$ , dan lokasi tiap *BTS* disimbolkan dengan  $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3), (x_4, y_4, z_4)$  serta jarak antara *BTS*-*User* disimbolkan dengan  $d_1, d_2, d_3, d_4$ . Dari variabel-variabel tersebut diatas, maka dapat dibuat suatu formula yang membentuk menjadi 4 bidang berbeda, yaitu :

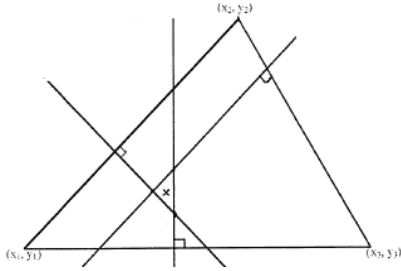
$$d_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2$$

$$d_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2$$

$$d_4^2 = (x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2$$

(5)



Gambar 5. Ilustrasi Geometric Algorithm (2D)

Pada dasarnya, interpretasi geometrik pada grup persamaan ini berarti terdapat empat bidang dalam ruang tiga dimensi dan solusinya adalah titik perpotongan dari bidang-bidang ini. Namun, untuk mengatasi masalah bila tidak terdapat titik potong dikarenakan keempat BTS tidak berada dalam bidang yang sama, maka solusinya adalah dengan menurunkan 20 persamaan baru dari grup persamaan (5) diatas (Zhou, 2007:61).

Agar lebih mudah dimengerti, penulis hanya akan menjelaskan satu grup persamaan turunan dengan jelas. DR. Zhou selaku penemu algoritma, kemudian menurunkan grup persamaan baru dengan cara mengurangi satu persamaan dengan persamaan lain yang terdapat pada grup persamaan (5), sehingga menjadi formula berikut :

$$\begin{aligned} 2(x_2 - x_1)x + 2(y_2 - y_1)y + 2(z_2 - z_1)z &= (x_2^2 + y_2^2 + z_2^2) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (d_1^2 - d_2^2) \\ 2(x_3 - x_1)x + 2(y_3 - y_1)y + 2(z_3 - z_1)z &= (x_3^2 + y_3^2 + z_3^2) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (d_1^2 - d_3^2) \\ 2(x_4 - x_1)x + 2(y_4 - y_1)y + 2(z_4 - z_1)z &= (x_4^2 + y_4^2 + z_4^2) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (d_1^2 - d_4^2) \end{aligned} \quad (6)$$

Persamaan baru (6) diatas dapat selalu memberikan solusi jika keempat BTS tidak berada dalam bidang yang sama, dengan mengatur :

$$A = \begin{pmatrix} 2(x_2 - x_1), & 2(y_2 - y_1), & 2(z_2 - z_1) \\ 2(x_3 - x_1), & 2(y_3 - y_1), & 2(z_3 - z_1) \\ 2(x_4 - x_1), & 2(y_4 - y_1), & 2(z_4 - z_1) \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$b = \begin{pmatrix} (d_1^2 - d_2^2) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_2^2 + y_2^2 + z_2^2) \\ (d_1^2 - d_3^2) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_3^2 + y_3^2 + z_3^2) \\ (d_1^2 - d_4^2) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_4^2 + y_4^2 + z_4^2) \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$X = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (9)$$

Grup persamaan (6), dapat ditulis dalam bentuk matrik :

$$AX = b \quad (10)$$

Jika  $|A| \neq 0$ , maka solusi matriknya menjadi seperti berikut :

$$X = A^{-1} b \quad (11)$$

$$A^{-1} = \frac{1}{|A|} A^*, \quad A^* \text{ adalah adjoin dari } A,$$

dimana :

$$A^* = \begin{pmatrix} A_{11}, & A_{21}, & A_{31} \\ A_{12}, & A_{22}, & A_{32} \\ A_{13}, & A_{23}, & A_{33} \end{pmatrix}$$

(12)

Telah dijelaskan bahwa pada grup persamaan (5) akan diturunkan 20 grup persamaan baru. Hal ini sebenarnya dapat ditemukan dengan cara menghitung kombinasi  $[C(4, 2)]$  terhadap grup persamaan (5) sehingga menghasilkan enam grup persamaan baru. Kemudian, dari enam grup persamaan baru ini dilakukan kembali perhitungan kombinasi  $[C(6, 3)]$  dan pada akhirnya akan ditemukan 20 grup persamaan turunan yang baru. Perhitungan kombinasi  $[C(6, 3)]$  harus dilakukan karena hanya dengan cara mengurangi satu persamaan dengan persamaan lain yang terdapat pada grup persamaan (5) hanya akan menghasilkan satu bidang persamaan. Dengan adanya 20 grup persamaan berarti juga akan terdapat 20 titik perpotongan baru sehingga estimasi lokasi *User* dapat dilakukan.

### Mekanisme Iterative 3D EPM Geometric

Telah diuraikan sebelumnya, detail formula algoritma 3D EPM dan 3D Geometric. Pada bagian ini merupakan penjelasan bagaimana formulasi untuk melakukan iterasi berdasarkan kedua algoritma diatas.

Metode Iterative ini memberikan nilai awal untuk menghitung sudut  $\theta(X_n)$  dan  $\delta(X_n)$ , kemudian apabila nilai jarak sudah diketahui dengan menggunakan metode 3D EPM maka estimasi lokasi dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode 3D Geometric. Hasil awal titik estimasi lokasi ini kemudian akan dijadikan sebagai titik lokasi baru dari *User*. Setiap iterasi, sistem akan selalu memperbaharui nilai sudut  $\theta$  dan  $\delta$  beserta titik lokasi *User*nya hingga kondisi titik lokasi *User* tidak berubah-ubah lagi dan dapat ditarik kesimpulan bahwa titik lokasi *User* yang tidak berubah-ubah tersebut sebagai titik akhir estimasi lokasi keberadaan *User*.

Dari tahap penyelesaian persamaan (1) atau (2), dan (3) kemudian dilanjutkan dengan persamaan (4) sehingga terdapat vektor baru  $b$  :

$$b(X_n) = \begin{pmatrix} (d_1^2(X_n) - d_2^2(X_n)) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_2^2 + y_2^2 + z_2^2) \\ (d_1^2(X_n) - d_3^2(X_n)) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_3^2 + y_3^2 + z_3^2) \\ (d_1^2(X_n) - d_4^2(X_n)) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_4^2 + y_4^2 + z_4^2) \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} b_1(X_n) = (d_1^2(X_n) - d_2^2(X_n)) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_2^2 + y_2^2 + z_2^2) \\ b_2(X_n) = (d_1^2(X_n) - d_3^2(X_n)) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_3^2 + y_3^2 + z_3^2) \\ b_3(X_n) = (d_1^2(X_n) - d_4^2(X_n)) - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) + (x_4^2 + y_4^2 + z_4^2) \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{Sehingga } b(X_n) = [b_1(X_n), b_2(X_n), b_3(X_n)]^T \quad (14)$$

Kemudian, dapat dihitung estimasi lokasi yang baru dari *User*,

$$X_{n+1} = (X_{n+1}, Y_{n+1}, Z_{n+1})^T$$

$$X_{n+1} = A^{-1}b(X_n) \quad (15)$$

Sehingga, formula *Iterative 3D EPM & 3D Geometric* menjadi :

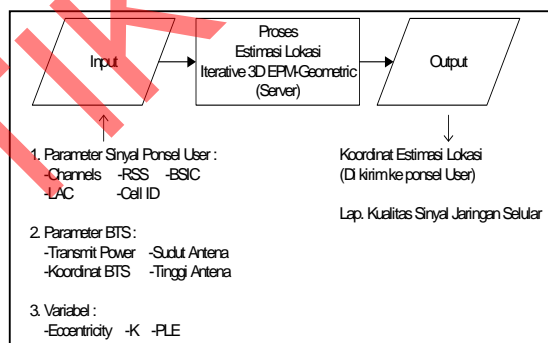
$$x_{n+1} = (A_{11}b_1(X_n) + A_{21}b_2(X_n) + A_{31}b_3(X_n))/|A|$$

$$y_{n+1} = (A_{12}b_1(X_n) + A_{22}b_2(X_n) + A_{32}b_3(X_n))/|A|$$

$$z_{n+1} = (A_{13}b_1(X_n) + A_{23}b_2(X_n) + A_{33}b_3(X_n))/|A| \quad (16)$$

Berikut langkah-langkah algoritma *3D Iterative EPM & Geometric* :

1. Berikan nilai estimasi  $X_n = (x_n, y_n, z_n)^T$ , (jika  $n = 0$  maka ini adalah nilai inisial), nilai *RSS*,  $s^0$ , dan nilai-nilai parameter lainnya.
2. Hitung  $\theta_i(X_n)$  dan  $\delta_i(X_n)$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$ .
3. Hitung  $d_i(X_n)$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$  dengan formula *3D EPM*.
4. Hitung  $X_{n+1}$  dengan formula *3D Geometric*.
5. Jika nilai antara  $X_{n-1}$  dan  $X_n$  memenuhi kondisi error, maka pergunakan  $X_{n+1}$  sebagai titik akhir estimasi lokasi *User*. Jika tidak, pergunakan  $X_{n+1}$  sebagai  $X_n$  dan kembali ke langkah 2 diatas.



Gambar 6. Mekanisme Kerja Estimasi Lokasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini penulis akan menguraikan hasil dan pembahasan penelitian dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Penulis mengumpulkan beberapa sampel data (alamat lokasi target/survey, koordinat lokasi target/survey, parameter sinyal) menggunakan perangkat *GPS Receiver* dan ponsel Nokia N-Gage yang sudah terinstal aplikasi *Netmon*, serta parameter *BTS* dari operator seluler.
2. Beberapa variabel sampel data tersebut kemudian dibuat tabel-tabelnya\* sesuai dengan karakteristik sampel data masing-masing dan dimasukkan ke dalam formula *Iterative 3D EPM Geometric* secara manual menggunakan *Microsoft Excel* untuk mengetahui mekanisme kerja formula tersebut sekaligus mengetahui estimasi lokasi yang dimaksud apakah valid dengan titik koordinat yang diperoleh dari *GPS Receiver*. Perlu diketahui bahwa dalam formula tersebut terdapat variabel  $k$ ,  $e$  dan *PLE* ( $\alpha$ ). Dalam uji coba tersebut, penulis menggunakan nilai inputan yang digunakan oleh DR. Junyang Zhou yakni nilai  $k = 1$  dengan nilai *increment* 0,05. Nilai setiap *increment* untuk  $e$  adalah 0,1 (nilai  $e$  selalu antara 0 hingga 1) dan nilai *PLE* antara 3 hingga 10 dengan nilai setiap *increment* adalah 0,1. Namun kemudian, penulis mencoba memberikan nilai inputan sesuai dengan kondisi kota Surabaya sehingga ditemukan lokasi *User* yang seakurat mungkin.
3. Penulis kemudian mempergunakan *Google Earth* untuk menandai titik koordinat lokasi target/survey hasil pengukuran *GPS*, titik koordinat lokasi target/survey yang sesungguhnya, titik koordinat lokasi *BTS* milik operator seluler dan titik hasil temuan estimasi lokasi.

\*Ilustrasi tabel-tabel lokasi koordinat dan tabel-tabel lainnya dapat dilihat pada bagian lampiran.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Metode *3D EPM Geometric* merupakan metode yang cukup akurat dan mudah untuk diimplementasikan dengan tetap memperhatikan variabel & parameter vital untuk memperoleh lokasi *User* yang akurat.

Tingkat keakuratan sangat tergantung pada hasil perhitungan jarak *BTS* dengan target (*3D EPM*) yang dipengaruhi oleh inputan variabel  $k$ ,  $e$  dan *PLE*. Selama survey di lapangan penulis juga menemukan bahwa pada posisi yang sama sinyal ponsel selalu mengalami fluktuasi (berubah-ubah),

hal ini dikarenakan perambatan gelombang radio yang bersifat *Reflection, Diffraction* dan *Scattering* (Rappaport, 1996:78) dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar seperti cuaca, bangunan, kendaraan bermotor dan sebagainya. Tentu saja hal ini juga sangat berpengaruh terhadap keakuratan pelacakan lokasi, sebab nilai kuat sinyal ponsel (*RSS*) merupakan salah satu parameter paling vital.

Keuntungan dari estimasi lokasi menggunakan metode 3D EPM Geometric adalah :

1. Efisien, efektif dan mudah diimplementasikan.
2. Tanpa membutuhkan perangkat tambahan, cukup memanfaatkan ponsel.
3. Cukup membutuhkan parameter *RSS* sebagai variabel utama.
4. Jangkauan *Indoor Positioning* (dengan syarat : variabel *k*, *e* dan *PLE* yang sangat valid).

Adapun kelemahan yang dimiliki oleh 3D EPM Geometric dalam melakukan estimasi lokasi adalah sebagai berikut :

1. Metode ini membutuhkan *resource* perhitungan komputasional yang sangat besar.
2. Hanya mampu mengkalkulasi max. 4 sinyal *BTS* yang berbeda untuk mengestimasi lokasi *User*.
3. Lebih akurat dalam mengestimasi lokasi *User* yang berada diluar ruangan (*Outdoor*).
4. Keakuratan estimasi lokasi sangat bergantung pada nilai inputan variabel *k*, *e* dan *PLE*.
5. Keakuratan estimasi lokasi juga sangat bergantung pada kevalidan data parameter *BTS* yang dimiliki operator seluler.

Dalam pengembangan berikutnya, penulis berharap dapat ditemukannya suatu formulasi yang bisa secara tepat dan valid untuk mengkalkulasi nilai variabel *k*, *e* dan *PLE* sehingga pelacakan posisi tidak perlu lagi menginputkan variabel *k*, *e* dan *PLE* secara manual.

#### RUJUKAN

- Quirke, Jeremy. 2004. *JQ's Nokia Net Monitor Guide*. 14 Januari 2004, <<http://gsm.jquirke.com>>.
- Rappaport, Theodore S. 1996. *Wireless Communications : Principles & Practices*, Prentice Hall.
- Willassen, Svein Yngvar. 1998. *A Method For Implementing Mobile Station Location In GSM*, 3 Desember 1998, <<http://www.willassen.no/mssl/>>

Zhou, Junyang., & Yin Ng, Joseph Kee. 2004. *An Iterative Approach To Mobile Location Estimation*, 1 November 2004,

<<http://www.comp.hkbu.edu.hk/tech-report/tr04008f.pdf>>

Zhou, Junyang., & Yin Ng, Joseph Kee. 2004. *Mobile Location Estimation Using A 3-Dimension Ellipse Propagation Model*, 1 November 2004,

<<http://www.comp.hkbu.edu.hk/tech-report/tr04006f.pdf>>

Zhou, Junyang. 2005. *An Improved Ellipse Propagation Model For Location Estimation In Facilitating Ubiquitous Computing*, 4 Juli 2005,

<<http://www.comp.hkbu.edu.hk/~jyzhou/download/demo/pgday/second2pgday.pdf>>

Zhou, Junyang., & Yin Ng, Joseph Kee. 2006. *The Design Of Providing Location Services In Metropolitan Area With 3D Ellipse Propagation Model Within A Cellular Radio Network*. Makalah disajikan dalam The Proceedings of Beijing-Hong Kong Doctoral Forum, TIFDC Sub Forum A : Network and Media Computing, Beijing, 3-6 Juli.

Zhou, Junyang. 2006. *Enhanced Signal Propagation Models And Algorithm Selector For Providing Location Estimation Services Within Cellular Radio Network*, 13 Desember 2006,

<<http://www.comp.hkbu.edu.hk/~jyzhou/download/thesis/phd/defense.pdf>>

Zhou, Junyang. 2007. *Enhanced Signal Propagation Models And Algorithm Selector For Providing Location Estimation Services Within Cellular Radio Network*. Thesis tidak diterbitkan. Hongkong : Dept. Of Computer Science, Hongkong Baptist University.

Zhou, Junyang., Chu, Man Kin & Yin Ng, Joseph Kee. 2007. *Providing Location Services Within A Radio Cellular Network Using Ellipse Propagation Model*. *IEEE Computer Society*, 1550-445X/05, (http://www.comp.hkbu.edu.hk/~jyzhou/paper/conference/AINA05-Zhou.pdf, diakses 3 Januari 2008)

LAMPIRAN

Target Koordinat Outdoor yang sesungguhnya						Pengukuran GPS		
Index	No	Lokasi	Lintang	Bujur	Lintang (meter)*	Bujur (meter)*	Lintang	Bujur
A	1	Nyamplungan	-7,23007	112,74500	-802537,77000	12514695,00000	-7,23022	112,74447
B	2	Attarbiyah	-7,22370	112,74100	-801830,70000	12514251,00000	-7,22362	112,74073
C	3	Kembang Jepun	-7,23726	112,74100	-803335,86000	12514251,00000	-7,23726	112,74100
D	4	Kikil Sidotopo	-7,23757	112,75400	-803370,27000	12515694,00000	-7,23748	112,75410

\* Diperoleh dari mengalikan Lintang atau Bujur (satuan degree) dengan 111.000 meter

Sample Data Channel & Rx Value																
No	Lokasi	Sample	SC	Rx	Neig1	Rx	Neig2	Rx	Neig3	Rx	Neig4	Rx	Neig5	Rx	Neig6	Rx
1	A	1	46	-84	562	-77	26	-80	564	-90	45	-92	47	-94	34	-95
2	B	1	38	-71	46	-74	34	-79	31	-81	42	-84	45	-84	43	-85
3	C	1	47	-67	27	-65	34	-73	45	-79	31	-82	44	-83	566	-83
4	D	1	37	-67	29	-73	33	-76	38	-76	46	-79	573	-79	48	-80

Parameter awal 3D EPM										
Target	Lintang	Bujur	Tinggi*							
A	-802539,99	12514695,000	3							
BTS	Cell ID	Channel	Rx HP (dBm)	Tx BTS (dBm)	Azimuth	Azimuth (Rad)	Lintang (m)	Bujur (m)	Antena (m)	Lokasi BTS
1 (SC)	53512	46	-84	58,50	140	2,44346	-801960,57	12514362,00	30,0	Hangtuh
2	62014	562	-84	57,00	70	1,22173	-802771,98	12514584,00	34	Nyamplungan
3	62671	31	-96	57,00	70	1,22173	-803717,70	12514251,00	33,0	Slompretan
4	62385	720	-95	58,50	190	3,31613	-801297,90	12515472,00	34	Wonosari Lor

\* Nilai asumsi

TARGET A									
Simulasi & Perhitungan Formula Sudut $\theta$									
BTS	$\pi / 2$	Azimuth(Rad)	Xn HP (meter)*	Yn HP (meter)*	Zn HP (meter)*	$\alpha$ (meter)	$\beta$ (meter)	$\gamma$ (meter)	$\theta$ (Radian)
I	1,57	2,44346	-802437,038	12514362,000	3	-801960,570	12514362,000	30	2,26893
II	1,57	1,22173	-802437,038	12514584,000	3	-802771,980	12514584,000	34	0,34907
III	1,57	1,22173	-802437,038	12514251,000	3	-803717,700	12514251,000	33	0,34907
IV	1,57	3,31613	-802437,038	12515472,000	3	-801297,900	12515472,000	34	1,39626

\*Nilai inisialisasi awal yang diasumsikan

TARGET A							
Simulasi & Perhitungan Formula Sudut $\delta$							
BTS	Xn HP (M)	Yn HP (M)	Zn HP (M)	$\alpha$ (meter)	$\beta$ (meter)	$\gamma$ (meter)	$\delta$ (Radian)
I	-802437,03750	12514362,00	3	-801960,57	12514362,00	30	-0,05660649504967950
II	-802437,03750	12514584,00	3	-802771,98	12514584,00	34	-0,09229027628949850
III	-802437,03750	12514251,00	3	-803717,70	12514251,00	33	-0,02342109207058580
IV	-802437,03750	12515472,00	3	-801297,90	12515472,00	34	-0,02720685672651900

TARGET A								Hasil Estimasi Lokasi Dengan 3D Geometric	
Simulasi & Perhitungan Formula 3D EPM (Jarak BTS-User)									
BTS	s0 Tx BTS dBm	s Rx dBm	k*	e1*	e2*	$\alpha$ (PLE)*	D (Meter)	Lintang (m)	Bujur (m)
I	58,50	-84	0,6	0,9	0,9	3,3800	625,367623	-802558,05440	12514669,15981
II	57,00	-84	0,6	0,9	0,9	4,9700	261,130377		
III	57,00	-96	0,6	0,9	0,9	4,3700	1231,239026		
IV	58,50	-95	0,6	0,9	0,9	3,5500	1499,237869		

\*Nilai asumsi

Target Koordinat Outdoor yang sesungguhnya			Pengukuran GPS		Hasil 3D EPM Geometric		Tingkat Akurasi			
Lokasi	Lintang (m)	Bujur (m)	Lintang	Bujur	Lintang (m)	Bujur (m)	GPS - Target		3D EPM Geometric - Target	
							Lintang (m)	Bujur (m)	Lintang (m)	Bujur (m)
Nyamplungan	-802537,77	12514695,00	-802554,42	12514636,17	-802558,05	12514669,16	16,7	58,8	20,28	25,84
							24,7 meter		29,4 meter	