

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian “*Trilateration Technique for WiFi-Based Indoor Localization*” yang diprakarsai oleh Veli Ilci, R. Metin Alkan, V. Engin Gulal, dan Huseyin Cizmeci tahun 2015 yang meneliti jaringan Wi-Fi berbasis metode *trilateration* untuk penentuan posisi di dalam ruangan menggunakan pengukuran Received Signal Strength (RSS). Untuk memperkirakan posisi dengan menggunakan metode *trilateration* yang memanfaatkan kekuatan sinyal RSS dari titik akses Wi-Fi. Penelitian ini terdiri dari dua tahap utama yaitu estimasi jarak antara objek dan perangkat mobile yang diperoleh dari nilai RSS secara bersamaan, dan tahap yang kedua posisi ponsel dihitung dengan algoritma *trilateration*. Namun, pada Wi-Fi lokalisasi dalam ruangan pemodelan ini sangat sulit dilakukan di dalam ruangan. Berbasis RSS dalam ruangan juga dipengaruhi oleh perubahan lingkungan dan fluktuasi nilai RSS membatasi estimasi akurasi. Bahkan dalam nilai *Line of Sight* (LoS) wilayah RSS yang terus berubah karena pelemahan sinyal.[4]

Selanjutnya penelitian yang berjudul “Analisis Kinerja Zigbee (802.15.4) Pada Perumahan Menggunakan Network Simulator 2” yang ditulis oleh Kurnia Agnawatri, Sukiswo, dan Ajub Ajulian Zahra tahun 2016 membahas tentang protokol *ZigBee* adalah protokol jaringan nirkabel yang memiliki karakteristik daya dan data *rate* yang rendah, tingkat keamanannya tinggi, dan pengoperasiannya cukup mudah. *ZigBee* diperkirakan dapat melakukan transmisi pada jarak 1- sampai 75 meter. Oleh sebab itu *ZigBee* mampu menangani satu set dengan jumlah *node* yang sangat besar. Pada penelitian tersebut menggunakan *ZigBee* dengan teknologi WSN pada perumahan dan melakukan penerapan dengan beberapa *node* yang dipasang diruangan.[2]

Penelitian pada tahun 2013 yang berjudul “Implementasi *Indoor Localization* Menggunakan Sinyal WiFi dan *Decision Tree* untuk Pelacakan Keberadaan Seseorang di Kampus Teknik Informatika ITS” yang ditulis oleh Nurul Y. Arrifa, R.V. Hari Ginardi, dan Ary M. Shiddiqi ini membahas mengenai

pendeteksian lokasi keberadaan seseorang di dalam ruangan atau gedung yang memiliki lebih dari satu lantai dengan melakukan proses sampling pada kekuatan dan *Basic Service Set Identifier* (BSSID) yang dapat ditangkap oleh *Smartphone* pada beberapa ruangan dan dari data tersebut dibuat model *decision tree* yang kemudian diubah menjadi aturan-aturan. Tersedianya sensor pada *smartphone* untuk menangkap sinyal WiFi juga sebagai acuan dalam pendeteksian lokasi.[5]

Selain itu pada jurnal “*Design and Implementation of Indoor Localization System Based on Wireless Sensor Network with Zigbee Devices*” oleh Wildan Yoga Swara, Basuki Rahmat, dan Ratna Mayasari pada tahun 2016 ini memanfaatkan *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan perangkat Arduino sebagai mikrokontroler dan modul Xbee sebagai sensor *node* nya. Sensor yang digunakan ditempatkan pada ujung-ujung ruangan kemudian untuk menentukan posisinya diperlukan RSSI antara sensor dengan *receiver node*. Lalu data yang sudah diterima oleh RSSI diolah untuk menentukan jarak posisi *node* tersebut. Hasil yang akan didapat yaitu berupa posisi koordinat dari *receiver node* dalam suatu area yang akan ditampilkan dalam peta koordinat kartesian. [6]

Berdasarkan hasil kajian pustaka dari penelitian sebelumnya, maka penulis mengusulkan membuat skema pencarian posisi dosen didalam gedung dengan protokol *zigbee* menggunakan teknik RSSI dengan metode trilaterasi untuk menentukan jarak dan posisi *node*. Dimana trilaterasi yaitu dengan menggunakan 3 *anchor node* dan akan mengirimkan data sensor pada *unknown node* yang akan diketahui posisinya dengan menggunakan estimasi RSSI, kemudian dikalkulasikan menjadi sebuah koordinat UN(x,y). Penelitian ini dilakukan pada ruang dosen Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro gedung Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

## **2.2 DASAR TEORI**

Pada bagian ini membahas teori dasar yang berkaitan dengan ruang lingkup pembahasan *Indoor Positioning* berdasarkan penelitian yang dikaji oleh penulis.

### 2.2.1 *Wireless Sensor Network (WSN)*

WSN atau jaringan sensor nirkabel adalah salah satu jenis implementasi dan pengembangan dari komunikasi nirkabel dalam kelompok *node* yang memiliki sensor khusus dengan sistem penginderaan, seperti sensor gambar, dan memiliki kemampuan untuk berkomunikasi melalui saluran nirkabel untuk memantau kondisi suatu daerah. Salah satu area aplikasi penting dari WSN adalah lokalisasi yang merupakan metode atau algoritma untuk menentukan posisi objek disebut simpul tidak diketahui (*unknown node*). Lokalisasi adalah layanan mendasar yang relevan dengan banyak aplikasi (target pelacakan, deteksi penyusup, pemantauan lingkungan, dll), untuk itu harus diperhatikan jumlah minimal sensor yang bisa mencakup seluruh area yang sedang diamati, kualitas modul pengiriman, dan luas area. [7]

### 2.2.2 *Indoor Localization*

Lokalisasi yaitu perkiraan melalui komunikasi antara *node* lokal dan *unlocalized node* untuk menentukan geometris penempatan atau posisi mereka. Lokasi ditentukan dengan jarak dan sudut antara *node*. Ada banyak konsep-konsep yang digunakan dalam lokalisasi seperti berikut,

*Lateration* terjadi ketika jarak antara *node* diukur untuk memperkirakan lokasi.

*Angulation* terjadi ketika sudut antara *node* diukur untuk memperkirakan lokasi.

*Trilateration*, lokasi *node* diperkirakan melalui pengukuran jarak dari tiga *node*. Dalam konsep ini persimpangan tiga lingkaran dihitung, yang memberikan satu titik yaitu posisi *node unlocalized*.

*Multilateration*, dalam konsep ini, lebih dari tiga *node* digunakan dalam perkiraan lokasi.

*Triangulasi*, dalam mekanisme ini, setidaknya dua sudut *node unlocalized* dari dua *node* lokal diukur untuk memperkirakan posisinya. Hukum Trigonometri, hukum sinus dan cosinus digunakan untuk memperkirakan posisi *node*[6]

### 2.2.3 Zigbee (IEEE 802.15.4)

*ZigBee* merupakan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) tingkat tinggi, menggunakan radio digital berukuran kecil dengan daya rendah, dan berbasis pada standar IEEE 802.15.4.[8]

**Tabel 2.1 Perbandingan Spesifikasi ZigBee, Wifi, Bluetooth.** [9]

<i>Spesification</i>	<i>ZigBee</i>	<i>Bluetooth</i>	<i>Wifi</i>
<i>Frequency Band</i>	2.4 GHz	2.4 GHz	5.2 GHz
<i>Max Signal Rate</i>	250Kb/s	1Mb/s	54 Mb/s
<i>Nominal Range</i>	10-100m	10m	100m
<i>Number of RF Channel</i>	16	79	14
<i>Channel Bandwith</i>	2 Mhz	1 MHz	22 MHz
<i>Basic Cell</i>	<i>Star</i>	<i>Pionet</i>	BSS
<i>Extension of The Basic Cell</i>	<i>Cluster tree, Mesh</i>	<i>Scatternet</i>	ESS
<i>Max Number of Cell Nodes</i>	>65000	8	2007
<i>Data Protection</i>	16-bit CRC	16-bit CRC	32-bit CRC
<i>Power Profile</i>	<i>From month to years</i>	<i>Days</i>	<i>Hours</i>

### 2.2.4 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Teknik RSSI merupakan salah satu teknik yang mengukur kekuatan sinyal terima dari perangkat penerima yang dilengkapi oleh teknologi nirkabel *ZigBee*. RSSI merupakan teknologi yang digunakan untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima oleh sebuah perangkat wireless. Namun, pemetaan langsung dari nilai RSSI yang berdasarkan jarak memiliki banyak keterbatasan, karena pada dasarnya, RSSI rentan terhadap noise, multi-path fading, gangguan, dan lain sebagainya yang mengakibatkan fluktuasi besar dalam kekuatan yang diterima. Pada RSSI menganggap daya yang diterima ( $P_{RX}$ ) sebagai fungsi dari jarak pemancar ke penerima dengan kenaikan beberapa pangkat. Pada perhitungan lokalisasi metode RSSI antara jarak pengirim dan penerima diperkirakan dengan mengukur kuat sinyal pada penerima. *Loss Propagation* juga diperhitungkan

dalam estimasi tersebut. Model ini adalah model propagasi deterministik dan hanya memberikan nilai rata-rata, dimana nilai RSSI dinyatakan dalam rumus berikut [3] :

$$\text{RSSI} = 10 \times \log \left( \frac{P_{\text{RX}}}{P_{\text{ref}}} \right) \quad (1)$$

Keterangan persamaan (1):

RSSI = Perbandingan kuat sinyal yang diterima terhadap kuat sinyal referensi (dBm)

$P_{\text{RX}}$  = Daya terima pada *receiver* (Watt)

$P_{\text{ref}}$  = Daya terima pada jarak referensi (Watt)

Di mana kuat sinyal yang diterima ( $P_{\text{RX}}$ ) diubah ke dalam bentuk RSSI yang diartikan sebagai rasio daya yang diterima terhadap referensi daya  $P_{\text{ref}}$  ( $d_0$ ). Semakin kecil nilai kuat sinyal yang diterima maka semakin jauh jaraknya, besaran ini berbanding terbalik dengan jarak antara RX dan TX. Sedangkan untuk mendapatkan daya yang diterima *receiver* ( $P_{\text{RX}}$ ) seperti ditunjukkan oleh persamaan (2) berikut. [3]

$$P_{\text{RX}} = P_{\text{TX}} \times G_{\text{TX}} \times G_{\text{RX}} \left[ \frac{\lambda}{4\pi d} \right]^n \quad (2)$$

Di mana:

$P_{\text{RX}}$  = Daya terima pada *receiver* (Watt)

$P_{\text{TX}}$  = Daya diterima oleh *transmitter* (Watt)

$G_{\text{TX}}$  = Gain *transmitter* (Watt)

$G_{\text{RX}}$  = *Gain Receiver* (Watt)

$\lambda$  = Panjang gelombang (meter)

$d$  = Jarak *transmitter* dan *receiver* (meter)

$n$  = Path Loss Exponent

Dari substitusi antara persamaan (1) dan (2) maka akan diperoleh persamaan (3) sebagai berikut :

$$RSSI = 10n \times \log \left[ \frac{d}{d_0} \right] \quad (3)$$

Berikut adalah acuan tabel varian dari *Path Loss Exponent* (n) untuk berbagai lingkungan yang ditunjukkan pada tabel 2.2 [3]

**Tabel 2.2 Path Loss Exponent untuk berbagai lingkungan**

<i>Environment</i>	<i>Path Loss Exponent (n)</i>
<i>Free Space</i>	2
<b>Wilayah Urban Radio Seluler</b>	2.7 to 3.5
<b>Urban Radio Seluler dengan Shadowing</b>	3 to 5
<b>Dalam gedung Line of Sight</b>	1.6 to 1.8
<b>Dalam gedung dengan penghalang</b>	4 to 6
<b>Dalam pabrik dengan penghalang</b>	2 to 3

Nilai Koefisien *Path Loss Exponent* bisa diperoleh dengan menurunkan rumus RSSI sehingga mendapat persamaan (4). [3]

$$n = \frac{P_{RX_0} - P_{RX}}{10 \log \frac{d}{d_0}} - X_{\sigma} \quad (4)$$

Setelah mendapatkan nilai koefisien *Path Loss Exponent* (n) maka dapat mencari estimasi jarak antar *node* menggunakan persamaan estimasi jarak antar *node* sebagai berikut (5). [3]

$$d = d_0 \cdot 10^{\frac{P_{RX_0} - P_{RX}}{10 \cdot n}} \quad (5)$$

Keterangan :

n : Koefisien *Pathloss*

$P_{RX_0}$  : Daya terima pada jarak acuan 1 meter (dBm)

$P_{RX}$  : Daya terima pada jarak d (dBm)

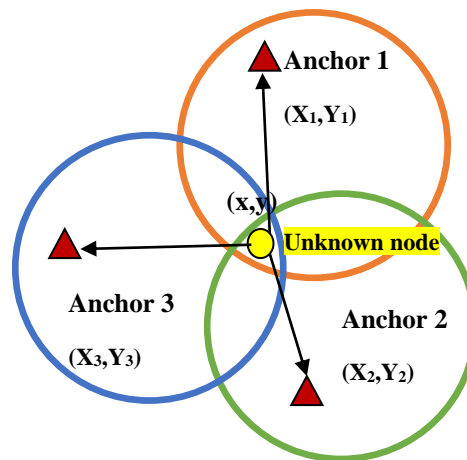
d : Jarak pengukuran (meter)

$d_0$  : Jarak acuan = 1 meter

$X_\sigma$  :Sebuah variable *zero-mean Gaussian distributed random* (dalam dBm) dengan standar deviasi  $\sigma$ . Variabel ini hanya digunakan ketika ada *shadowing effect*. Jika tidak ada *shadowing effect*, maka variabel ini adalah nol [3]

### 2.2.5 Algoritma Trilaterasi

Trilateration merupakan algoritma yang posisi *node*. Pada metode trilaterasi dibutuhkan tiga *node* referensi yang disebut *anchor node* untuk mendapatkan estimasi posisi sebuah titik yang berada di tengah-tengah perpotongan dari tiga lingkaran dengan titik pusat  $(x_i, y_i)$  dan memiliki jarak nilai  $d_i$  terhadap titik potong tadi, dengan  $\{i=1,2,3\}$ . Jarak berasal dari pengukuran RSSI antara node anchor sebagai referensi untuk mobile node. Ada anchor node koordinat  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$  yang memperkirakan ponsel simpul  $(x_{est1}, y_{est1})$  sebagai pusat lingkaran dengan memotong tiga lingkaran mereka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2. 1 Ilustrasi Teknik Trilaterasi**

Pada metode trilaterasi membutuhkan 3 *node* referensi yaitu *anchor node* untuk mendapatkan estimasi posisi dari suatu titik. Jarak dari setiap node anchor ke mobile node akan mewakili sebagai  $d_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ). Estimasi jarak yang

diperoleh dari pengukuran RSSI diperoleh dengan jarak *euclidean* antara titik tengah setiap lingkaran dan titik persimpangan mereka sebagai berikut:[3]

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = d_i^2 \quad (6)$$

Setiap *unknown node* akan dilayani oleh masing-masing *anchor node*. Sehingga dapat ditentukan nilai (x,y) dengan persamaan berikut :

$$x = \frac{(y(y_1 - y_2) - V_b)}{x_2 - x_1} \quad (7)$$

$$y = \frac{V_b(x_3 - x_2)(x_2 - x_1) + V_a(x_2 - x_1)}{(y_1 - y_2)(x_3 - x_2) - (y_2 - y_3)(x_2 - x_1)} \quad (8)$$

Dimana untuk mencari  $V_a$  dan  $V_b$  diperlukan persamaan seperti berikut :

$$V_b = \frac{((d_2^2 - d_3^2) + (x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2))}{2} \quad (9)$$

$$V_a = \frac{((d_2^2 - d_3^2) + (x_3^2 - x_2^2) + (y_3^2 - y_2^2))}{2} \quad (10)$$

Hasil dari estimasi posisi adalah dari membandingkan koordinat sebenarnya dari *unknown node* untuk memperoleh kesalahan estimasi posisi rata-rata pada sistem. Kesalahan estimasi posisi rata-rata dari *unknown node* dapat diartikan juga sebagai *Mean Square Error* (MSE) dan dapat didapatkan dengan persamaan berikut : [3]

$$MSE = \sqrt{(X_{real} - X_{est})^2 + (Y_{real} - Y_{est})^2} \quad (11)$$

Dimana X estimasi dan Y estimasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan matriks berikut :



$$X = \begin{bmatrix} X_{est} \\ Y_{est} \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 2(x_{i=1} - x_{i+1}) & 2(y_{i=1} - y_{i+1}) \\ 2(x_{i=1} - x_{i+2}) & 2(y_{i=1} - y_{i+2}) \\ \dots & \dots \\ 2(x_{i=1} - x_n) & 2(y_{i=1} - y_n) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$B = \begin{bmatrix} ((d_{i+1}^2 - d_{i=1}^2) - (x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2) + (x_{i=1}^2 + y_{i=1}^2)) \\ ((d_{i+2}^2 - d_{i=1}^2) - (x_{i+2}^2 + y_{i+2}^2) + (x_{i=1}^2 + y_{i=1}^2)) \\ \dots \\ ((d_n^2 - d_{i=1}^2) - (x_n^2 + y_n^2) + (x_{i=1}^2 + y_{i=1}^2)) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Matriks X didefinikan sebagai posisi perkiraan yang nilainya dapat diperoleh dengan rumus berikut :

$$X = (A^T . A)^{-1} A^T . B \quad (14)$$

### 2.2.6 Algoritma Lokalisasi Terdistribusi

Lokalisasi terdistribusi merupakan teknik yang dikerjakan pada *unknown node* setelah menjalankan fungsi *send data request* ke semua *anchor node* dalam satu ID yang sama. Selanjutnya jika *anchor node* menerima data *request* yang sesuai, maka *anchor node* akan mengirimkan paket data yang berisikan informasi posisinya pada *unknown node*. Kemudian dipilih tiga *anchor node* berdasarkan nilai *error* yang paling kecil, lalu dilakukan perhitungan estimasi posisi *unknown node* menggunakan metode trilaterasi .