



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Indoor Locating System*

Indoor locating system merupakan jaringan dari perangkat-perangkat yang terhubung secara *wireless*. Berbagai macam fungsi penggunaan *Indoor Locating System*, diantaranya untuk

1. *Human dan robot navigation*

Informasi dari *indoor locating system* dapat digunakan sebagai navigasi bagi orang-orang yang tidak familiar dengan bangunan tertentu, termasuk di dalamnya sebagai *guide* bagi pengunjung museum, pengunjung mall, ataupun stasiun kereta api (Thrun, Bennewitz, Burgard, Cremers, Dellaert, Fox, Hahnel, Rosenberg, Roy, Schulte, & Schulz, 1999).

2. *Tracking orang dan obyek*

Indoor locating system juga berguna untuk aplikasi yang bertujuan mencari lokasi orang di dalam bangunan. Beberapa contohnya adalah aplikasi untuk mencari lokasi dari perawat di rumah sakit sehingga lebih mudah untuk memberikan tugas kepada masing-masing perawat (Bauer, Sichitiu, Istepanian, & Premaratne, 2000), aplikasi untuk mengetahui posisi orang yang berada pada *user's buddy list*, dan aplikasi untuk mencari lokasi anak-anak di dalam museum atau sekolah (Griswold, Boyer, Brown, Truong, Bhasker, Jay, & Shapiro, 2002). Contoh dari *object tracking* adalah aplikasi untuk mencari buku di perpustakaan, mencari barang di dalam gudang, dan mencari aset di dalam organisasi (Chung & Ha, 2003).

3. *Location-enhanced sensor networks*

Di dalam sistem jaringan sensor, lokasi menjadi penting karena setiap lokasi membutuhkan pengaturan dan perawatan yang berbeda-beda. Data yang didapat seperti suhu, tekanan, dan tingkat pencahayaan di dalam

gedung harus disertai dengan informasi dari lokasi. Sensor yang disertai dengan *location engine* ini biasanya digunakan pada gedung dengan sistem otomasi (Roudet, Coutelou, Bruel, Vuong, & Tedjini, 2006).

Indoor locating system dibuat untuk menyediakan perhitungan yang cepat dan mudah dalam menentukan posisi dari obyek yang tidak diketahui. Sejumlah *wireless sensor nodes* (WSN) dipasang di area yang digunakan (Koyuncu & Yang, 2011). Ada beberapa teknik yang digunakan dalam menghitung lokasi antara lain triangulasi, *proximity*, dan *scene analysis*. Pada penelitian ini, teknik yang dipakai adalah triangulasi. Teknik triangulasi menggunakan properti geometrik dari segitiga dalam menghitung lokasi obyek. Lokasi dari obyek dapat diukur dengan mengukur *radial distances* (*lateration*) dan *directions* (*angulation*). Selanjutnya dari data triangulasi akan dilakukan teknik laterasi.

2.2. Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Di dalam bidang telekomunikasi, RSSI adalah pengukuran dari kuat sinyal sebuah sinyal radio yang diterima (dalam satuan dBm). Semakin jauh jarak dari *transmitter* ke *receiver*, semakin lemah/ kecil nilai RSSI yang didapat. Dengan menggunakan fungsi korelasi antara jarak terhadap nilai RSSI, maka perkiraan jarak antara *transmitter* dengan *receiver* bisa diperoleh dari informasi nilai RSSI yang didapat pada *receiver*. Namun, adanya penghalang dalam berbagai bentuk di antara *receiver* dan *transmitter* mempengaruhi nilai RSSI yang diperoleh. Hal ini dikarenakan RSSI merupakan sinyal radio yang dapat mengalami *free path loss*, *absorption*, pemantulan sinyal, pemecahan sinyal, pembelokan sinyal, dan kondisi *Line of Sight* (LOS).

2.3. Teknologi ZigBee

ZigBee adalah teknologi *Personal Area Network* (PAN) berdasar pada standard IEEE 802.15.4. Perangkat ZigBee memiliki kemampuan untuk membuat *mesh network* antara node satu dengan node lainnya sehingga areanya dapat

menjangkau wilayah yang luas (Suhandry Salim, 2008). Adapun keunggulan menggunakan topologi mesh, yaitu (Gislason, 2008):

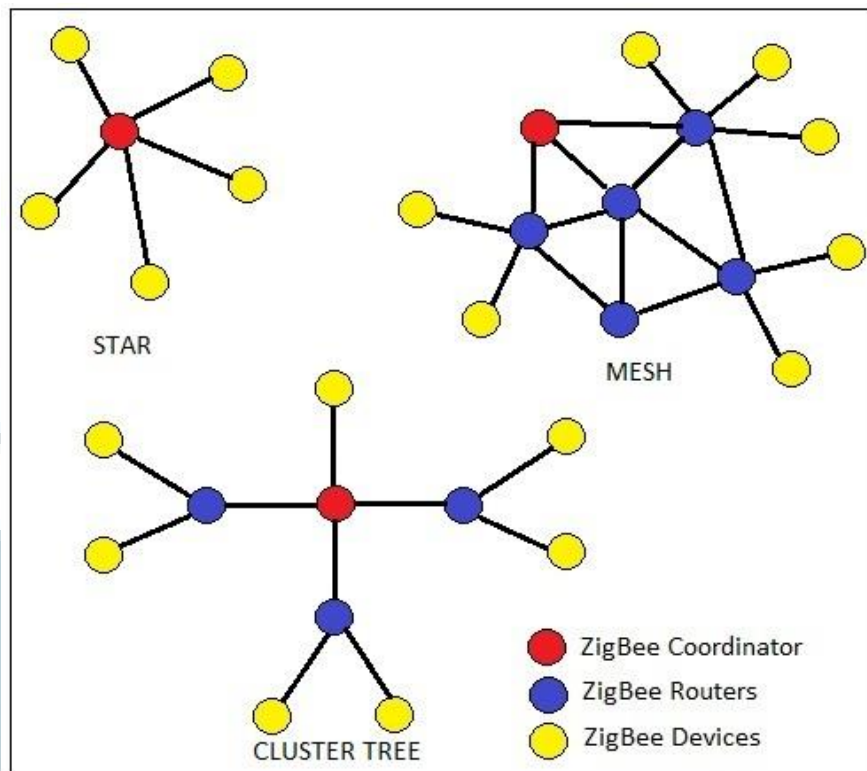
- Apabila ada satu router yang tidak dapat diakses maka akan dipilih router lain sebagai jalur alternatif.
- Dapat mencangkup area yang lebih luas dengan menambahkan router dan apabila ada daerah yang memiliki sinyal yang lemah, dapat diatasi hanya dengan menambahkan router di daerah tersebut.
- Mampu digunakan untuk menentukan lokasi suatu node ZigBee di dalam network dengan tingkat keakurasian yang cukup tinggi.

Jaringan yang dibangun ZigBee adalah *Personal Area Network* (PAN) yang merupakan jaringan *ad-hoc*. Jaringan *ad-hoc* merupakan jaringan yang dibentuk dari kumpulan perangkat *wireless* tanpa menggunakan jaringan infrastruktur (Rahman, Islam, & Talevski, 2009). Di dalam jaringan PAN tersebut, sebuah *node* ZigBee dapat berkomunikasi dan bertukar informasi dengan ZigBee *nodes* lainnya di dalam jaringan. ZigBee memiliki karakteristik sebagai berikut (Suhandry Salim, 2008) : Dual PHY (2.4GHz dan 868/915 MHz), *Low power* (baterai mampu bertahan dalam hitungan bulan sampai tahun), *Low rate*, *Multiple topologies: star, peer-to-peer, mesh, Flexible coverage, Range: 50m* pada umumnya (5-500m tergantung pada kondisi lingkungan), dan *Secure*.

ZigBee mampu membuat 3 jenis topologi jaringan antara lain:

1. *Star*
2. *Cluster Tree*
3. *Mesh*

Gambar 2.1 berikut ini memperlihatkan ilustrasi dari ketiga topologi di atas.



Gambar 2.1 Jenis-jenis topologi ZigBee

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1, ZigBee memiliki 3 tipe perangkat (Elahi & Gschwender, 2010):

1. *Coordinator*

Setiap jaringan hanya memiliki 1 koordinator yang bertanggung jawab atas keseluruhan jaringan.

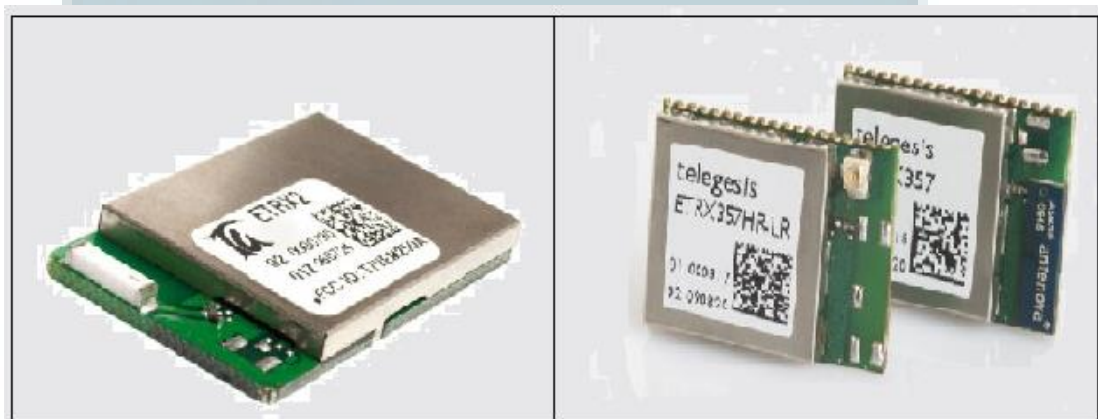
2. *Router*

Router memiliki fungsi untuk memperluas jaringan dan untuk menemukan rute terbaik ke alamat tujuan. Suatu jaringan dapat memiliki beberapa *router*.

3. *End Devices*

End device terhubung ke *router* atau *coordinator* dan memiliki fungsi untuk bergabung/ meninggalkan jaringan dan mengirim paket informasi ke node lainnya.

Perangkat ZigBee yang digunakan pada penelitian adalah Telegesis ETRX2 dan ETRX3. Setiap *router* dapat meng-*support* sampai dengan 16 *end devices* untuk seri ETRX2 dan 32 *end devices* untuk seri ETRX3. Jaringan yang terbentuk selalu merupakan *mesh network* (jaringan *tree* tidak tersedia). *Device* pertama yang membentuk jaringan PAN bertindak sebagai koordinator dan *device* lainnya yang bergabung ke dalam jaringan PAN bertindak sebagai *router* (modifikasi pada salah satu register dapat mengubah *device* tersebut sebagai *end device*). ZigBee memiliki kemampuan untuk *automatic join* PAN tanpa diperintahkan. Koordinator tidak dapat meninggalkan jaringan PAN selama jaringan PAN tersebut masih ada. Jaringan PAN tetap ada meskipun *device* koordinator dalam keadaan mati (Telegesis, 2011). Gambar 2.2 menunjukkan *device* ZigBee tipe ETRX2 dan ETRX3.



Gambar 2.2 Telegesis ETRX2 dan ETRX3 (Telegesis, 2011)

2.4. Teknologi *Bluetooth*

Bluetooth adalah teknologi jarak pendek yang memberikan kemudahan koneksi bagi peralatan nirkabel. Berbeda dengan inframerah, *Bluetooth* tidak tergantung pada kondisi *Line of Sight* untuk melakukan komunikasi.

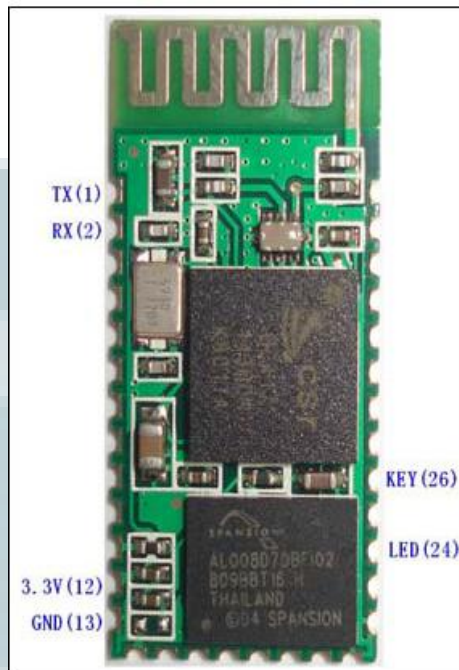
Nama *Bluetooth* diambil dari nama Raja Viking Denmark yang hidup di tahun 900M, yang bernama Harald Blatand. Blatand dalam bahasa Denmark berarti gigi biru atau *Bluetooth*. Harald merupakan raja Denmark yang mempersatukan Denmark dengan sebagian dari Norwegia menjadi satu kerajaan.

Oleh karena itu, nama *Bluetooth* dipakai sebagai nama teknologi *wireless* yang mempersatukan peralatan-peralatan elektronik yang berkomunikasi dalam 1 jaringan ini (Handayani, Maharina, Ratnasari, Prasetyanti, Heti, Ratna, Romlah, & Syaiful, 2005).

Untuk melakukan komunikasi antara perangkat *Bluetooth* satu dengan yang lainnya, kedua perangkat tersebut harus melakukan *pairing* terlebih dahulu. *Pairing* merupakan proses di mana ada satu perangkat yang bertindak sebagai “pencari” (*discover*) dan perangkat lain yang bertindak sebagai “yang dicari” (*discoverable*). Setelah *pairing* dilakukan, barulah kedua perangkat tersebut dapat saling bertukar data dan melakukan komunikasi. Untuk melakukan *pairing*, kedua pengguna perangkat harus memasukkan PIN 4 digit sebagai kunci rahasia dan keduanya harus memasukan PIN yang sama. Kunci rahasia ini yang disimpan dan kemudian dipakai pada proses enkripsi pada komunikasi selanjutnya.

Pada penelitian ini, perangkat *Bluetooth* digunakan sebagai perantara komunikasi antara perangkat *Bluetooth* dari perangkat handphone Android dengan perangkat ZigBee yang terdapat pada gedung melalui converter *Bluetooth-to-ZigBee*. Hal ini dikarenakan perangkat Android tidak meng-*support* komunikasi ZigBee sehingga harus digunakan perangkat *Bluetooth*. Perangkat *Bluetooth* yang digunakan adalah *Bluetooth* HC-06 (Gambar 2.3). HC-06 merupakan modul *Bluetooth* serial. Modul *Bluetooth* serial digunakan untuk mengkonversi port serial ke *Bluetooth*. Berikut adalah beberapa karakteristik dari *Bluetooth* HC-06: (Cxem, 2011)

- Node *master* dan *slave* tidak dapat ditukar
- Sebelum dipair, mode dari perangkat ini adalah mode AT. Setelah dipair, modenya berubah menjadi mode komunikasi transparan.
- Selama di dalam mode komunikasi, modul ini tidak dapat masuk ke dalam mode AT.
- Baud rate *default* adalah 9600 (1200 – 1.3M dapat diset)
- Apabila modul tidak sedang terkoneksi, LED akan berkedip-kedip. Setelah terkoneksi, maka pin LED berada pada *high level* dan akan menyala terus (tidak berkedip).



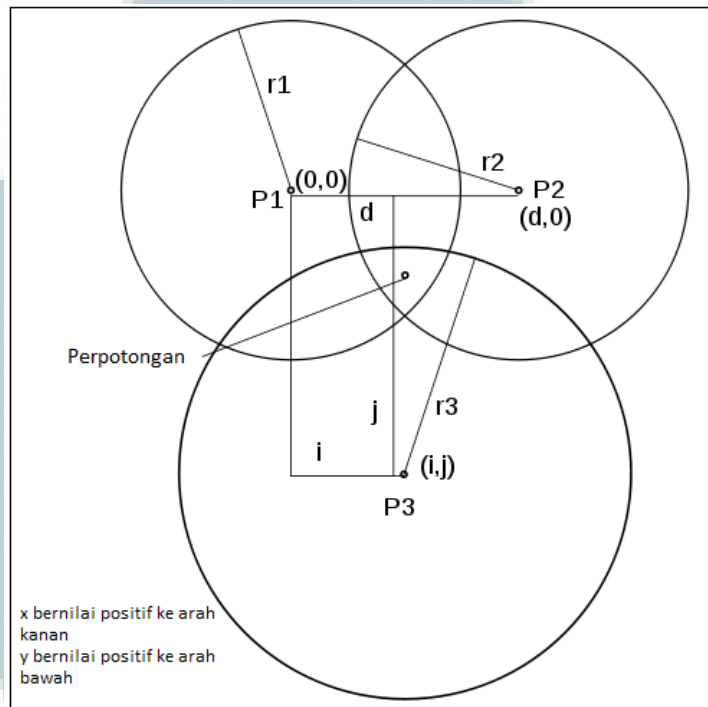
Gambar 2.3 Modul *Bluetooth* HC-06 (Cxem, 2011)

2.5. Trilaterasi

Trilaterasi merupakan metode untuk menentukan posisi relatif dari sebuah obyek menggunakan geometri dari segitiga, mirip seperti triangulasi. Namun tidak seperti triangulasi yang menggunakan perhitungan derajat (beserta dengan setidaknya satu jarak yang diketahui) untuk menentukan posisi dari obyek, trilaterasi menggunakan setidaknya 3 titik referensi yang diketahui posisinya dan jarak antara obyek dengan ketiga titik referensi tersebut (Mardeni & Nizam, 2010).

Untuk melakukan perhitungan posisi relatif, diperlukan setidaknya 3 titik referensi yang telah diketahui posisinya. Kemudian perlu diketahui pula jarak dari obyek terhadap ketiga titik tersebut. Dalam penelitian ini, jarak diketahui dari perhitungan RSSI (kuat sinyal) ZigBee obyek terhadap masing-masing titik referensi yang kemudian dikonversi ke dalam jarak. Pada Gambar 2.4 titik-titik P1, P2, dan P3 adalah ketiga titik referensi yang telah diketahui posisinya. Titik P1, P2, dan P3 diasumsikan berada pada satu bidang datar ($Z=0$). Sedangkan

r_1, r_2, r_3 adalah jarak antara obyek terhadap titik referensi P1, P2, dan P3 secara berurutan. Dengan menggunakan rumus trilaterasi, perpotongan antara ketiga jarak tersebut akan menghasilkan koordinat x dan y dari posisi obyek (Xue, 2008).



Gambar 2.4 Ilustrasi 2D dari 3D alokasi sistem menggunakan metode Trilaterasi

Rumus dasar yang digunakan dalam perhitungan adalah rumus:

$$r_1^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad (1)$$

yang kemudian dikembangkan menjadi:

$$r_2^2 = (x - d)^2 + y^2 + z^2 \quad (2)$$

$$r_3^2 = (x - i)^2 + (y - j)^2 + z^2 \quad (3)$$

Dengan menggunakan ketiga rumus tersebut, dapat ditemukan titik perpotongan x,y, dan z yang merupakan koordinat dari obyek. Dari persamaan (1) dan persamaan (2), nilai x dapat diturunkan menjadi:

$$x = \frac{r_1^2 - r_2^2 + d^2}{2d} \quad (4)$$

Kemudian persamaan (4) disubsitusikan ke dalam persamaan (1), menghasilkan persamaan :

$$y^2 + z^2 = r_1^2 - \frac{(r_1^2 - r_2^2 + d^2)^2}{4d^2} \quad (5)$$

Persamaan (5) kemudian disubsitusikan ke dalam persamaan (3) dan diturunkan rumus persamaan :

$$y = \frac{r_1^2 - r_3^2 - x^2 + (x - i)^2 + j^2}{2j} = \frac{r_1^2 - r_3^2 + i^2 + j^2}{2j} - \frac{i}{j}x$$

Dengan menggunakan persamaan x dan y, maka persamaan z dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$z = \pm \sqrt{r_1^2 - x^2 - y^2}. \quad (6)$$

Setelah diketahui jarak x, y, dan z, maka dapat dicari titik koordinat Tx, Ty, dan Tz dengan persamaan berikut:

$$Tx = P1_x + x$$

$$Ty = P1_y + y$$

$$Tz = PO_z + z ; O = 1-3$$

Dapat dilihat dari persamaan di atas, bahwa titik Z dapat dicari menggunakan ketiga titik referensi karena ketiga titik tersebut berada pada satu bidang datar ($Z=0$). Penjelasan yang lebih rinci dapat ditemukan di makalah S.S. Xue.

2.6. Perangkat Android

Makna kata dari “Android” yang berasal dari kata Yunani, “*andr-*” yang berarti “*man* atau *male*” dan akhiran “*-eides*” yang berarti “*alike* atau *of the species*”. Kedua kata tersebut menghasilkan arti “*being human*” secara bersamaan. Android adalah software untuk perangkat *mobile* yang terdiri dari kumpulan dari sistem/ aplikasi program yang membentuk sistem yang komplit

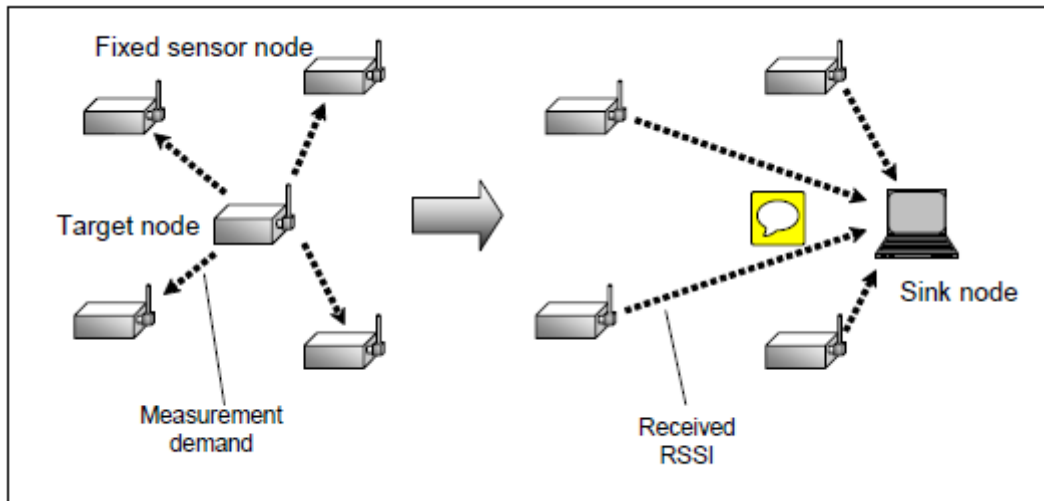
(Benjamin Speckmann, 2008). Perangkat Android digunakan pada penelitian ini sebagai perangkat yang digunakan untuk melakukan seluruh perhitungan koordinat dan menampilkan hasil koordinat *blind node* dalam bentuk *mapping*. Perangkat Android yang digunakan di sini adalah *Sony Xperia S* (Gambar 2.5), yang beroperasi pada platform Android 2.3 (*Gingerbread*). Aplikasi yang dibuat dapat digunakan pada perangkat Android platform 2.3. atau yang di atasnya.



Gambar 2.5 Sony Xperia S

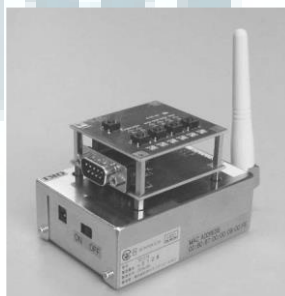
2.7. Penelitian Terkait

Penelitian yang serupa telah dilakukan oleh Masashi Sugano pada tahun 2006 yang membuktikan bahwa dengan menyebar *fixed nodes* ZigBee sebanyak 0.27 nodes/m^2 di area percobaan, besar *error* perhitungan koordinat berkisar antara 1.5 – 2 meter. Pengujian dilakukan di lorong dan ruang konferensi di Osaka University (Sugano, 2006). Skema alokasi nodes ZigBee terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema sistem alokasi *nodes* ZigBee pada penelitian Sugano (Sugano, 2006)

Target node adalah perangkat *wireless* yang mengirimkan paket data ke 3 atau lebih *sensor nodes*, yang bertugas mengukur RSSI terhadap *target node*. Apabila ada lebih dari 1 *target node*, setiap paket data yang dikirimkan juga disertai dengan ID dari masing-masing *nodes*. Setelah menerima 1 paket data, *sensor node* mengukur nilai RSSI terhadap *target node* dan mengirimkan hasilnya kepada *sink node*, yang kemudian melakukan perhitungan koordinat dari data yang masuk. *Nodes* yang digunakan adalah perangkat *ubiquitous* (dikembangkan oleh Oki Electric Industry Co. Ltd. Japan) yang merupakan sensor sistem jaringan yang melakukan komunikasi dengan standar ZigBee (Gambar 2.7). Perangkat tersebut dilengkapi dengan 4 *switch* tekan, 6 LEDs, dan *analog I/O port*. CC2420 dilengkapi pada perangkat ini untuk dapat melakukan komunikasi ZigBee (Sugano, 2006).



Gambar 2.7 Perangkat *ubiquitous* yang digunakan sebagai *nodes* (Sugano, 2006)