



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

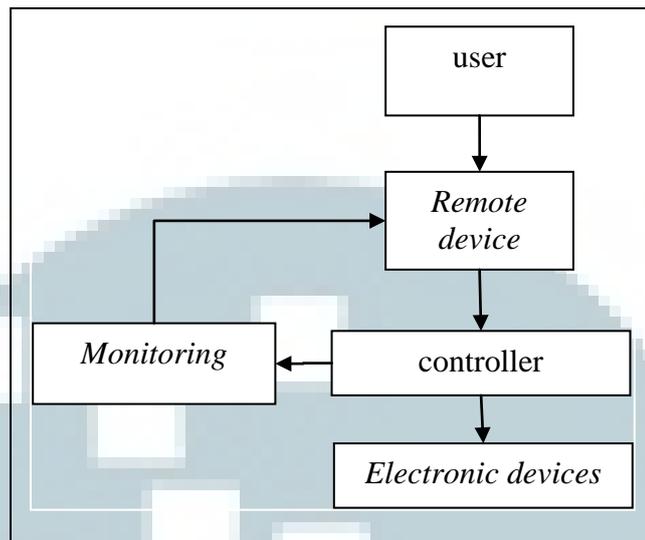
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Building Management System

Building Management System (BMS) merupakan sebuah sistem teknologi yang digunakan di gedung agar pengguna dapat memantau dan mengendalikan peralatan mekanik dan elektronik di sebuah gedung seperti pencahayaan, *power systems*, HVAC (*Heating, Ventilation, and Air-Conditioning*) dan alarm (ARWEN TECH (PVT) LTD, 2011). Sistem ini terdiri atas dua sub-sistem, yaitu *hardware* dan *software* (Golzar & Tajozakerin, 2010). *Hardware* yaitu komponen dan perangkat teknologi yang digunakan dalam BMS seperti sensor, kontroler, dan *remote devices*. *Software* yaitu sistem yang digunakan untuk menjalankan perangkat yang terpasang serta memantau dan mengendalikan perangkat di dalam gedung.

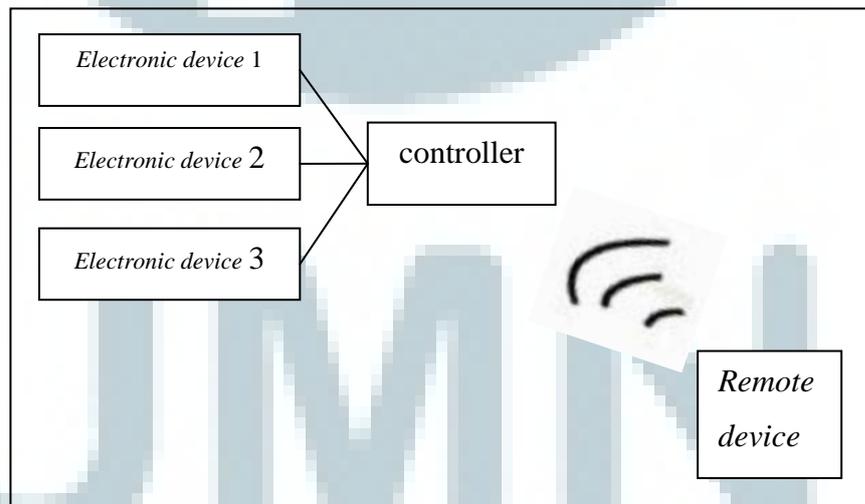
Hardware pada BMS terdiri dari *electronic devices* (*sensor*, lampu, dsb.), kontroler, dan *remote device(s)*. *Electronic devices* akan mengirimkan informasi keadaannya ke kontroler. Kontroler bertugas mengatur semua sensor dan perangkat yang terhubung langsung dengannya. *Remote device* digunakan untuk menampilkan keadaan sensor dan memberikan instruksi atau komando ke kontroler untuk dieksekusi (Gambar 2.1).

UMN



Gambar 2.1 Flowchart remote controlled building management system (diadaptasi dari (Lee, Yang, & Choi, 2009))

Komunikasi antara *remote device* dan kontroler pada BMS dapat dilakukan secara *wireless* (Gambar 2.2). Agar *remote device* dapat berkomunikasi dengan kontroler secara *wireless* dengan memperhatikan faktor *low-power consumption* dan *cost-effective*, maka digunakan sebuah *standardize wireless network* yang dinamakan "ZigBee".

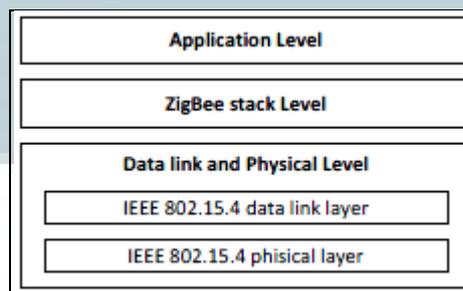


Gambar 2.2 Arsitektur remote controlled building management system (diadaptasi dari (Jin, Wang, Zhao, & Hu, 2008))

2.2. Teknologi ZigBee

ZigBee adalah suatu *standard* yang dikembangkan untuk *personal area network* (PAN) (Elahi & Gschwender, 2010). Teknologi ini dikembangkan berdasarkan pada standar IEEE 802.15.4 (Gambar 2.3) dengan karakteristik sebagai berikut (Gao & Zhao, 2010; Daintree Networks Inc, 2010; netvox, 2011):

- *Low cost*
- *Secure*
- *Reliable and self healing*
- *Low power consumption*
- *Low rate*
- *Easy and inexpensive to deploy*
- *Flexible coverage*
- *Global with user of unlicensed radio bands*
- *Integrated intelligence for network set-up and message routing*



Gambar 2.3 ZigBee protocol stack(Hartono, 2011).

Sebagai sarana komunikasi *wireless*, ZigBee beroperasi pada *unlicensed radio bands*(Hartono, 2011). *Unlicensed radio band* pada setiap negara di dunia berbeda-beda. ZigBee menggunakan tiga jenis *unlicensed radio band* yang memiliki perbedaan pada jumlah *channel* dan maksimum *data rate*(Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Perbandingan tiga *radio bands*(Liu, 2009; Hartono, 2011)

Radio Band (MHz)	Wilayah	Channel Number	Bit rate (Kbps)
868	Eropa	0	20
915	Amerika	1-10	40
2400	Seluruh dunia	11-26	250

Semakin besar jumlah *channel* yang tersedia maka semakin besar pula jumlah jaringan yang dapat dibentuk pada area yang berdekatan. Dua atau lebih jaringan yang berdekatan dan beroperasi pada *communication channel* yang sama akan mengalami interferensi antara satu sama lain.

Jaringan ZigBee merupakan sebuah *ad-hoc* yang disebut *Personal Area Network* (PAN). Jaringan *Ad-hoc* adalah sebuah kumpulan perangkat *wireless* yang membentuk sebuah jaringan tanpa penggunaan jaringan infrastruktur atau *centralized administration* (Rahman, Islam, & Talevski, 2009). Dalam suatu PAN, sebuah modul ZigBee (selanjutnya akan disebut ZigBee *node*) dapat terhubung ke satu atau beberapa ZigBee *nodes*. Satu *node* dapat bertukar informasi dengan *node* lainnya dengan menggunakan skema *multi-hop communication*.

Ada tiga jenis perangkat ZigBee yang masing-masing memiliki fungsi yang berbeda di dalam jaringan, yaitu(Elahi & Gschwender, 2010):

- *Coordinator*

sebuah *coordinator* bertanggung jawab atas keseluruhan jaringan. Setiap jaringan hanya dapat memiliki satu *coordinator*. *Coordinator* berfungsi sebagai berikut:

- Memilih *channel* yang akan digunakan oleh jaringan
- Membangun jaringan
- Memberikan alamat pada *nodes* ataupun *routers*.
- Membolehkan *devices* lain untuk bergabung atau meninggalkan jaringan.
- Mengirim paket informasi.

- *Router*

Router digunakan untuk memperluas cakupan jaringan. Fungsi utama dari *router* adalah untuk menemukan rute terbaik ke alamat tujuan. Sebuah *router* berfungsi seperti *coordinator*, kecuali membangun sebuah jaringan.

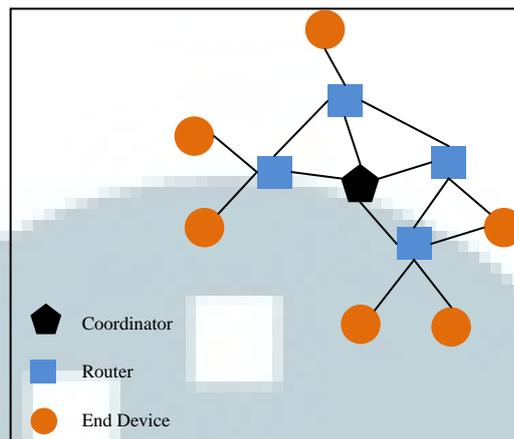
- *End Devices*

sebuah *end device* dapat terhubung dengan sebuah *router* ataupun *coordinator*. Fungsi dari *end device* yaitu:

- Bergabung atau meninggalkan sebuah jaringan.
- Mengirim paket informasi.

Setiap *node* ZigBee memiliki 64-bit *Extended Unique Identifier* (EUI) yang ditetapkan oleh IEEE dan biasa disebut sebagai *extended address* (Hartono, 2011). Alamat ini unik dan tidak ada dua ZigBee yang memiliki EUI yang sama. Setelah sebuah ZigBee bergabung dengan PAN (Personal Area Network) maka ZigBee tersebut akan memperoleh 16-bit *address* yang juga disebut sebagai *short-address* (*network address*). sebuah *node* ZigBee dapat memperoleh *short address* yang berbeda setiap kali bergabung dengan PAN, tetapi tetap tidak ada dua ZigBee yang memiliki *shord address* yang sama dalam satu jaringan. PAN yang dibentuk dapat berupa jaringan *mesh*.

ZigBee mendukung topologi jaringan *mesh* (Gambar 2.4) yang dapat terdiri atas satu *coordinator*, dan *router(s)* yang terhubung dengan *end device(s)* atau *router(s)* lainnya. Setiap *router* dapat saling terhubung selama masih berada dalam cakupan areanya dan dapat saling meneruskan paket pesan ke tetangganya (*neighbours*) hingga mencapai tujuannya.



Gambar 2.4. Mesh network topology

Pada gambar di atas, sebuah jaringan *mesh* memiliki sebuah *coordinator*, *multiple routers*, dan *end devices*. Jaringan *mesh* mendukung "*multi-hop*" *communication*, yaitu setiap data akan dioper dari satu *router* ke *router* lain melalui jalur komunikasi yang paling *reliable* dan *cost-effective* hingga mencapai tujuannya. Kemampuan *multi-hop* ini mengurangi kegagalan pengiriman paket data, karena jika salah satu *router* gagal meneruskan datanya maka jalur pengiriman data dapat menggunakan jalur alternatif yang lain.

Keunggulan menggunakan topologi *mesh*, yaitu:

- Lebih *reliable* dan *robust*, karena jika salah satu *router* tidak dapat diakses maka secara otomatis *router* lain akan dipilih sebagai jalur alternatif (*self-healing*)(Gislason, 2008).
- Penggunaan ZigBee *router* dapat memperluas cakupan area jaringan.
- Sinyal yang lemah dan *death zones* dapat diatasi dengan menambahkan beberapa *router* ke jaringan. *Death zones* adalah daerah yang tidak terjangkau sinyal ZigBee.

2.2.1. ZigBee Routing

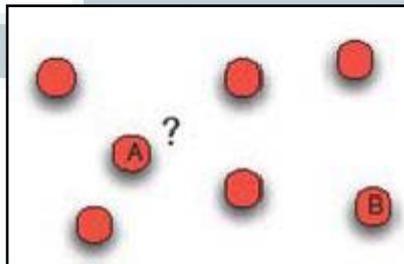
Algoritma *routing* pada ZigBee menggunakan algoritma *Distance Vector*. Setiap *router* yang ikut meneruskan paket informasi dari sumber tertentu dan ke tujuan tertentu akan mengisi *routing table*-nya dengan rute

pengiriman paket tersebut. Berikut adalah *routing rules* pada ZigBee router(Nefzi & Song, 2007):

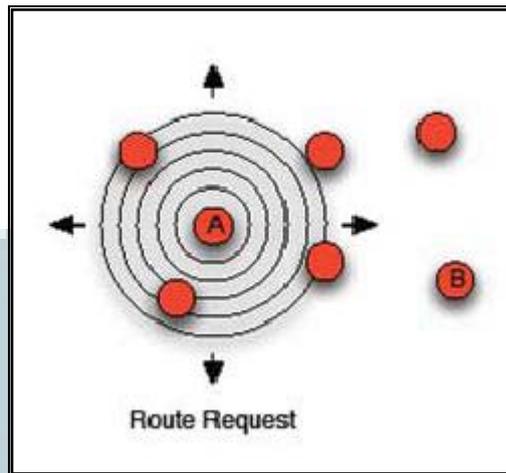
Jika router memiliki *routing table* dan terdapat rute ke alamat tujuan, **maka** *routing table* tersebut akan digunakan untuk pengiriman paket pesan.

Selain itu jika masih tersedia tempat(*space*) untuk mengisi *routing table*, **maka** router akan mengirimkan *broadcast message* ke router tetangga. Jika router tetangga memiliki rute ke *node* tujuan maka dia akan mengirimkan kembali rutenya ke ke router asal, jika tidak maka dia akan meneruskan *broadcast message* ke router tetangga lagi. Mekanisme ini disebut sebagai *Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) routing algorithm* (Gambar 2.5.).

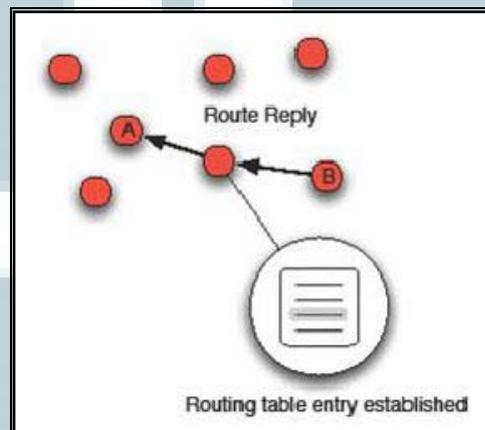
Selain itu (jika *routing table* penuh) *routing* akan dilakukan berdasarkan *Hierarchical Tree Routing (HTR)*, yaitu paket pesan akan dikirim berdasarkan hirarki ke ZigBee *coordinator* untuk memperoleh rutenya meskipun tidak efisien (Gambar 2.6.)



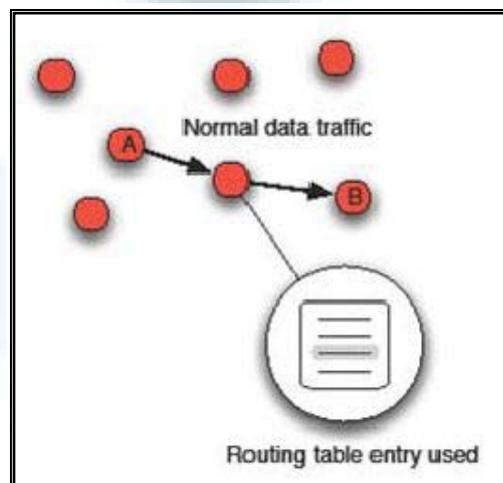
(a) ZigBee router A belum mempunyai rute untuk mengirim paket pesan dari A ke B



(b) ZigBee A mengirimkan *broadcast command request*

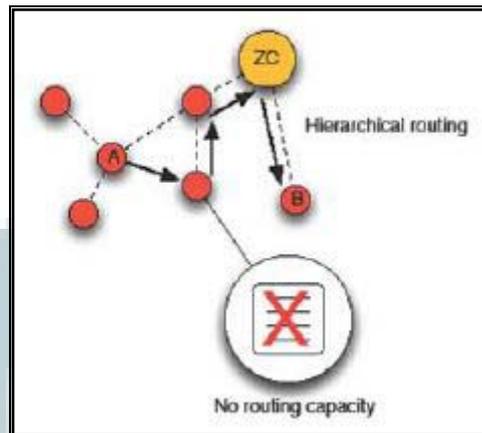


(c) ZigBee B mengirim rute jawaban ke *router A*



(d) *router A* akan menggunakan routing table yang ada untuk pengiriman pesan ke B

Gambar 2.5 Mekanisme pembuatan *routing table* pada ZigBee (Daintree Networks Inc, 2010)



Gambar 2.6 Metode *routing* jika *routing table* penuh (Daintree Networks Inc, 2010)

2.2.2. *Medium Access*

ZigBee menggunakan CSMA-CA (*Carrier sense multiple access with collision avoidance*) untuk mengakses mediumnya (Ahamed, 2009). CSMA-CA merupakan sebuah metode sederhana untuk akses medium. Jika sebuah perangkat ingin menggunakan kanal, maka dia harus mendengarkan (*listen*) kanal untuk mengetahui jika sedang ada aktivitas komunikasi pada kanal tersebut. Jika kanal tersebut sedang digunakan, maka perangkat tersebut akan menunggu selama beberapa waktu. Jika kanal sedang tidak digunakan maka device tersebut dapat mengakses medium.

2.3. **Friendly ARM Mini2440**

Friendly ARM Mini2440 merupakan sebuah *low-cost ARM9 Single Board Computer* (SBC) yang memiliki *performance/cost ratio* yang sangat tinggi (Industrial ARMWorks, 2009). Mini2440 ini menggunakan mikroprosesor Samsung S2C2440 400Mhz dan *peripheral cips* yang berkualitas sehingga membuat SBC ini sangat powerful. Selain itu, teknologi ini menggunakan desain papan empat lapis (*four-layer board*) dengan pemrosesan *gold immersion*. MINI2440 memiliki *Hardware* dan kualitas kontrol yang sebanding dengan *modern high-speed motherboards*. Gambar 2.7 menunjukkan bentuk fisik MINI2440.

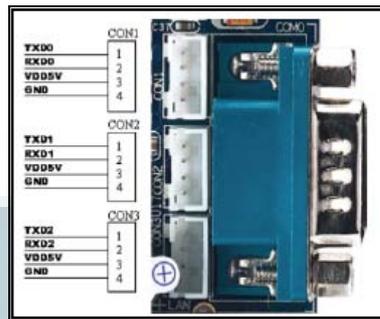


Gambar 2.7 Friendly ARM MINI2440(Hiteg, 2008)

Perangkat ini mendukung *Operating System* (OS) dan tampilan *Graphic User Interface* (GUI) yang mempermudah pengguna untuk berinteraksi dengan perangkat tersebut serta mempermudah *programmer* dalam mengembangkan aplikasi-aplikasi yang *user firendly*. Teknologi ini juga menyediakan *interfaces* yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan *remote monitoring* dan *controlling*, yaitu:

- ***Serial ports***

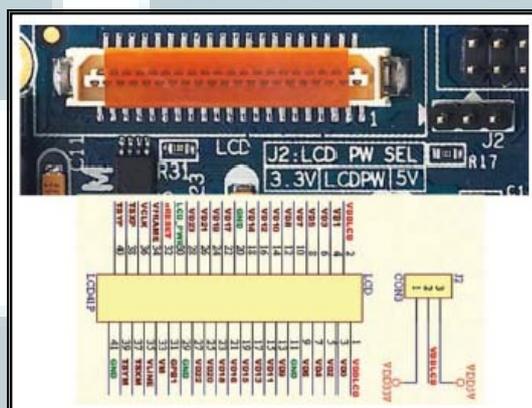
MINI2440 memiliki tiga *serial ports* yang dinamakan UART0, UART1, UART2. UART0 dan UART1 dapat dikombinasikan sebagai sebuah *full-functional serial port*. Dalam prakteknya hanya ada tiga *serial ports* yang digunakan, seperti untuk mengirim (TXD) dan menerima (RXD), terhubung dengan konektor CON1, CON2, dan CON3 (Gambar 2.8).Mini2440 dapat dihubungkan dengan sebuah modul ZigBee melalui salah satu *serial port*. Setelah terhubung maka perangkat ini dapat bergabung dengan jaringan ZigBee(jika tersedia).



Gambar 2.8 Serial ports pada MINI2440 (Industrial ARMWorks, 2009)

- **LCD interface**

LCD interface pada MINI2440 memiliki 41Pin 0.5mm white socket, yang memuat seluruh kegunaan untuk mengontrol sinyal LCD (*line-field scan, slcok, enable, dll.*) [Gambar 2.9]. pin 37, 38, 29, 40 merupakan interface untuk 4-wire touch screen yang terhubung langsung dengan touchscreen. Dengan adanya LCD touchscreen maka pengguna dapat dengan mudah mengakses fitur-fitur yang ada pada aplikasi di Mini2440.



Gambar 2.9 Skema LCD interfaces pada MINI2440(Industrial ARMWorks, 2009)

Mini2440 yang dihubungkan dengan sebuah ZigBee (melalui *serial port*) dapat digunakan sebagai *remote device* untuk melakukan *monitoring* dan *control* pada BMS berbasis ZigBee. Sebuah aplikasi dapat dikembangkan agar dapat digunakan oleh *multiple user* dengan fitur *user management*. Selain digunakan untuk *user management*, aplikasi yang akan dikembangkan pada Mini2440 juga dapat melakukan *controller management* yaitu setiap *user* dapat diberikan hak

akses yang berbeda-beda terhadap perangkat yang terhubung dengan kontroler tertentu

2.4. Aplikasi *User Friendly*

Sebuah aplikasi akan dibidang baik apabila memiliki *Graphical User Interface (GUI)* yang *user friendly*(Wallen, 2010). Kriteria sebuah aplikasi yang *user friendly* menurut (Nurhayati, 2010) yaitu:

- Memiliki tampilan yang bagus
- Mudah dioperasikan
- Mudah dipelajari

Berikut adalah beberapa pedoman untuk mendesain tampilan layar menurut(Nurhayati, 2010):

- Data yang dibutuhkan pengguna selalu tersedia pada tampilan
- Data yang ditampilkan langsung dapat digunakan tanpa harus dikonversi terlebih dahulu.
- Tampilan memiliki format yang konsisten dari satu tampilan ke tampilan yang lainnya.
- Menggunakan kalimat yang pendek dan sederhana.
- Menggunakan prinsip logis dalam pengurutan.
- Memberikan label pada setiap halaman.
- Administrator dapat melakukan perubahan.

U
M
N