

APLIKASI DAN TINJAUAN TEKNIS BLUETOOTH UNTUK KOMUNIKASI TANPA KABEL

Tan Suryani Sollar*

Abstract

Bluetooth is a wireless communication device that uses the radio waves located in the (2400 – 2483,5) MHz frequency band is part of the ISM (Industrial Scientific and Medical) band and does not require a license. Bluetooth system provides point-to-point and point-to-multipoint communication, low power consumption with three different transmit power classes : class 1: 100 mW ; class 2 : 2,5 mW and class 3 : 1 mW, by increases output power from 1 mW to 100 mW, can increase reach radius from 10 meter to 100 meter. Servis facility like real-time voice and data communication at 79 channel, 1 MHz every channel, uses one of spread spectrum method that is FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). Now, bluetooth supported by many famous manufacturers in electronic and telecommunication area joint in Special Interest Group (SIG).

Keywords: bluetooth, wireless, low power consumption

Abstrak

Bluetooth adalah sebuah perangkat komunikasi tanpa kabel (wireless) yang beroperasi pada pita frekuensi (2400 – 2483,5) MHz yang dikenal sebagai pita ISM (Industrial Scientific and Medical) tanpa lisensi. Sistem bluetooth menyediakan layanan komunikasi point-to-point dan point-to-multipoint, konsumsi daya rendah dengan tiga kelas output power yang berbeda, yaitu : kelas 1: 100 mW ; kelas 2: 2,5 mW dan kelas 3: 1 mW, dengan menaikkan output power dari 1 mW ke 100 mW, dapat menambah radius jangkauan dari 10 meter ke 100 meter. Fasilitas layanan berupa komunikasi suara dan data secara real-time pada 79 kanal dengan lebar kanal masing-masing 1 MHz, menggunakan salah satu metode spread spectrum yaitu FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). Saat ini, bluetooth didukung oleh banyak perusahaan terkenal yang bergerak dibidang elektronika dan telekomunikasi yang tergabung dalam Special Interest Group (SIG).

Kata kunci: bluetooth, tanpa kabel, konsumsi daya rendah

1. Pendahuluan

Komunikasi antar perangkat tanpa menggunakan kabel yang dikenal dengan teknologi *wireless*, berkembang sangat pesat beberapa tahun terakhir seiring dengan tingkat mobilitas pengguna, dengan peningkatan jumlah dari tahun ke tahun, meskipun penggunaan kabel untuk mengirimkan informasi dari satu perangkat ke perangkat lainnya seperti dari komputer ke printer masih merupakan alternatif primer. Perkembangan teknologi yang begitu

cepat ini, menghasilkan pemikiran untuk menggantikan peran kabel, khususnya untuk jarak yang dekat, menyebabkan munculnya teknologi *bluetooth* ini.

Bluetooth dimaksudkan bukan hanya menggantikan peran kabel dalam melakukan pertukaran informasi tetapi juga mampu menawarkan fitur yang baik dengan biaya yang relatif rendah, konsumsi daya rendah, *interoperability* yang menjanjikan dan mudah dalam pengoperasian. Perangkat keras *bluetooth* dapat berupa *card* atau *USB adapter* yang

* Staf Pengajar Jurusan D3 Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dipasang pada (ke) komputer, printer, perangkat mobile, PDA, headset, kamera dan perangkat lainnya.

Bluetooth mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara real-time antara host-host bluetooth dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas, tergantung pada power outputnya (sekitar 10 meter untuk power output 1 mW).

Sistem *bluetooth* terdiri dari sebuah *radio transceiver*, *baseband link controller* dan sebuah *link manager*. *Baseband link controller* menghubungkan perangkat keras radio ke *baseband processing* dan lapis protokol fisik. *Link manager* melakukan aktivitas-aktivitas protokol tingkat tinggi seperti melakukan link setup, autentikasi dan konfigurasi.

2. Perkembangan Bluetooth

Pada bulan Mei 1998, lima perusahaan promotor yaitu Ericsson, IBM, Intel, Nokia dan Toshiba membentuk *Special Interest Group (SIG)* dan mulai membuat *body spesifikasi* yang mereka namai 'bluetooth'. Pada bulan Juli 1999 dokumen spesifikasi bluetooth versi 1.0 mulai diluncurkan . Spesifikasi bluetooth versi 2.0 diluncurkan tahun 2001. Saat ini, lebih dari 2100 perusahaan di berbagai bidang antara lain di bidang *semi-conductor manufacture, PC manufacture, mobile network carrier*, perusahaan-perusahaan automobile dan air lines bergabung dalam sebuah konsorsium

sebagai pendukung teknologi bluetooth. Perusahaan terkemuka tersebut antara lain Compaq, Xircom, Philips, Texas Instrumens, Sony, BMW, Puma, NEC, Casio, Boeing, dan lain-lain. Hal ini menandakan perkembangan penggunaan *bluetooth* semakin eksis.

3. Penggunaan Frekuensi

Bluetooth merupakan wireless standar dengan jangkauan terbatas, menggunakan gelombang radio yang beroperasi pada pita frekuensi 2,4 GHz (2400 – 2483,5 MHz). Sistem radio *bluetooth* mengatur penggunaan pita frekuensi ini, yang digunakan oleh *transmitter* perangkat *bluetooth*. Pita frekuensi ini adalah bagian dari pita frekuensi *Industrial Scientific Medical (ISM)* yang secara umum dapat digunakan untuk berbagai aplikasi dan tidak memerlukan lisensi dari *Federal Communications Commission (FCC)*. Hal yang kurang menguntungkan karena pita frekuensi yang digunakan ini sangat ramai. Cordless telephones, pembuka pintu garasi, monitor bayi dan standar IEEE 802.11b yang mempunyai banyak perbedaan perangkat dan aplikasi, juga menggunakan pita frekuensi ini. Untuk meminimalkan interferensi dengan perangkat lain, perangkat *bluetooth* menggunakan teknologi yang disebut *Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)*.

Tabel 1. Alokasi frekuensi international bluetooth

Negara	Range frekuensi	Kanal RF
U.S./Eropa/banyak negara lain	2400 – 2483,5 MHz	$f = 2402 + k \text{ MHz ; } k = 0, \dots, 78$
Jepang	2471 – 2497 MHz	$f = 2473 + k \text{ MHz ; } k = 0, \dots, 22$
Spanyol	2445 – 2475 MHz	$f = 2449 + k \text{ MHz ; } k = 0, \dots, 22$
Perancis	2446,5 – 2483,5 MHz	$f = 2454 + k \text{ MHz ; } k = 0, \dots, 22$

Sumber : Nichols, R.K., Lekkas, P.C. 2002. Wireless Security. Hal 400

Tabel 2 Karakteristik radio bluetooth

Parameter	Spesifikasi
Transmitter :	
Frekuensi	ISM band, 2400 – 2483.5 MHz (mayoritas), untuk beberapa negara mempunyai batasan frekuensi sendiri (lihat tabel 1), spasi kanal 1MHz
Maximum Output Power	Power class 1 : 100 mW (20 dBm) ; Power class 2 : 2.5 mW (4 dBm) dan Power class 3 : 1 mW (0 dBm)
Modulasi	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), Bandwidth Time : 0,5; Modulation Index : 0.28 sampai dengan 0.35.
Out of band Spurious Emission	30 MHz - 1 GHz : -36 dBm (operation mode), -57 dBm (idle mode) 1.0 GHz - 12.75 GHz: -30 dBm (operation mode), -47 dBm (idle mode) 1.8 GHz – 1.9 GHz: -47 dBm (operation mode), -47 dBm (idle mode) 5.15 GHz –5.3 GHz: -47 dBm (operation mode), -47 dBm (idle mode)
Receiver :	
Actual Sensitivity Level	-70 dBm pada BER 0,1%.
Spurious Emission	30 MHz – 1 GHz : -57 dBm ; 1 GHz – 12.75 GHz : -47 dBm
Max. usable level	-20 dBm, BER : 0,1%

Sumber : Bluetooth SIG, Radio Specification

Spasi kanal yang digunakan adalah 1 MHz pada spektrum 2400 – 2483,5 MHz dan untuk menghindari terjadinya perubahan regulasi tiap negara maka dibutuhkan *Lower Guard Band (LGB)* 2 Mhz dan *Upper Guard Band (UGB)* 3,5 MHz. Range frekuensi dan kanal RF yang digunakan oleh beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 1.

Bluetooth secara berkala mengirimkan sinyal informasi dengan lebar pita 1 MHz dan melompat-lompat dari kanal yang satu ke kanal yang lain. Lompatan ini mempunyai rate 1600 lompatan/detik atau tiap 625 us, terdapat 79 kanal radio frequency (RF). Beberapa karakteristik radio *bluetooth* sesuai dengan dokumen *Bluetooth SIG* dirangkum dalam Tabel 2.

4. Komunikasi Data

Kanal komunikasi *bluetooth* dapat digunakan untuk komunikasi data dan suara, dengan dua jenis layanan sinkron dan asinkron yang dijelaskan sebagai berikut :

4.1. Transmisi asinkron (*Asynchronous Connection Less / ACL*)

Pada transmisi asinkron, setiap kali pengiriman data dilaksanakan per karakter. Antara satu karakter dengan yang lainnya tidak ada waktu antara yang tetap. Karakter dapat dikirimkan sekaligus atau beberapa karakter kemudian berhenti untuk waktu tidak tentu, kemudian dikirimkan sisanya. Akibatnya penerima harus melakukan sinkronisasi setiap kali pengiriman bit data, apakah data yang dikirimkan diterima dengan benar. Dengan demikian penerima harus

mengetahui mulainya bit pertama dari sinyal data, dengan cara memberikan suatu pulsa yang disebut *start pulse* pada awal tiap karakter. Pulsa ini memberi tanda kepada penerima untuk mulai menerima bit data. Umumnya keadaan *idle*, yaitu keadaan tanpa transmisi sinyal, dikatakan keadaan tinggi (*high*) atau *mark*. Transmisi asinkron kadang-kadang disebut transmisi awal-akhir (*start-stop transmission*), karena tiap karakter mengalami sinkronisasi dengan jalan penggunaan bit awal dan bit akhir. Kanal asinkron dapat mendukung kecepatan maksimal 723,2 kb/s asimetris, dimana untuk arah sebaliknya dapat mendukung sampai dengan kecepatan 57,6 kb/s. Sedangkan untuk mode simetris dapat mendukung sampai dengan kecepatan 433,9 kb/s.

4.2. Transmisi sinkron (*Synchronous Connection Oriented / SCO*)

Pada transmisi sinkron, blok atau frame data dikirimkan setiap elemen 8-bit secara kontinu tanpa ada delay. Panjang tiap blok sama. Waktu antara akhir dari bit terakhir dari suatu karakter dan awal bit pertama karakter berikutnya harus nol atau kelipatan dari waktu satu karakter. Untuk mencapai sinkronisasi pengirim harus mengirim karakter khusus dan penerima harus mengenalinya.

Transmisi sinkron digunakan untuk pengiriman audio atau suara, dengan transmisi kecepatan tinggi, yang mentransmisikan satu blok data. Dalam sistem ini baik pengirim maupun

penerima bekerja bersama-sama dan sinkronisasi dilakukan setiap sekian ribu bit data. Bit awal/akhir data tidak dibutuhkan untuk tiap karakter. Sinkronisasi terjadi dengan jalan mengirimkan pola data tertentu antara pengirim dan penerima, pola data ini disebut karakter sinkronisasi. Data berbentuk audio dapat ditransfer antara satu atau lebih perangkat *bluetooth*, dalam bentuk paket, menggunakan *Synchronous Connection Oriented (SCO)* dan langsung diolah oleh baseband tanpa melalui L2CAP. Model audio pada *bluetooth* cukup sederhana, tiap dua perangkat *bluetooth* dapat mengirimkan dan menerima data audio satu sama lain hanya dengan membuka link audio.

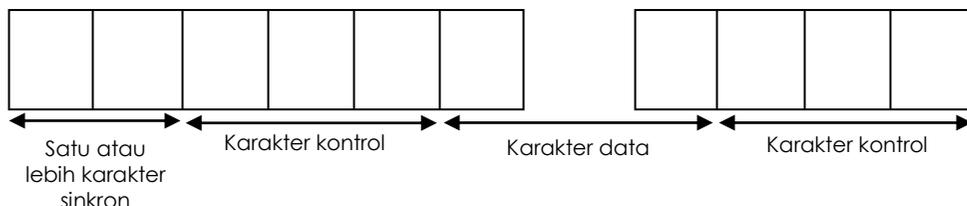
5. Metode Penyambungan (*Switching Method*)

5.1. Circuit Switched

Komunikasi dilakukan dengan 3 tahap:

- Pembangunan sirkuit: sebelum pengiriman data suara dilakukan, hubungan *circuit* antar terminal harus dibentuk terlebih dahulu (*end to end circuit*)
- Pengiriman data: *full duplex*
- Bila trafik padat, data akan ditolak
- Pemutusan hubungan dilakukan oleh salah satu terminal

Kanal suara sinkron menggunakan *circuit switching* yang akhirnya dilewatkan pada sebuah *link synchronous connection oriented (SCO)* 64 Kbps.



Gambar 1. Transmisi Sinkron

5.2. Message Switched

Data dikirimkan dalam bentuk *message* dari terminal pengirim ke terminal penerima, pembangunan hubungan tidak diperlukan. Jika sebuah terminal ingin mengirimkan data, maka terminal tersebut hanya perlu mencantumkan alamat tujuan pada *message*.

Kelebihan dari metode ini adalah:

- Efisiensi saluran besar, karena kanal antar node dapat digunakan bersama-sama oleh beberapa *message*
- Ketersediaan perangkat antara pengiriman dan penerima pada saat yang sama tidak menjadi syarat terjadinya pengiriman data (*message* dapat disimpan)
- Bila trafik padat, data akan ditunda sedangkan pada metode *circuit switched* akan ditolak
- Dapat mengirim lebih dari satu tujuan dengan duplikasi
- Dapat dibuat *message* dengan prioritas yang berbeda
- Dapat dibangun prosedur pengontrolan dan perbaikan kesalahan *message* dalam jaringan

5.3. Packet Switched

Merupakan kombinasi dari keduanya, prinsip mirip dengan *message switched*. Perbedaan terletak pada panjang data pada jaringan. Panjang data mulai dari seribu bit sampai beberapa ribu bit. Jika melebihi panjang maksimum maka data tersebut harus dibagi menjadi unit-unit yang kecil yang disebut paket. Perbedaan yang lain, paket yang dikirimkan akan disimpan dan dibuat salinannya untuk perbaikan apabila terjadi kesalahan.

6. Protokol OSI (Open System Inter-connection)

Jika dua perangkat atau lebih dengan sistem yang berbeda ingin berkomunikasi, harus menggunakan bahasa yang sama agar dapat berkomunikasi. Apa yang dikomunikasikan, bagaimana berkomunikasi dan kapan komunikasi itu berlangsung harus dapat dimengerti

oleh perangkat yang mengadakan hubungan. Bahasa seperti itu dalam komunikasi data yang umum disebut dengan protokol. Protokol dapat berbentuk beberapa aturan yang mendasari komunikasi data antar dua atau lebih perangkat.

Elemen-elemen kunci dari protokol ini antara adalah:

- *Syntax* : meliputi format data dan level sinyal yang digunakan;
 - *Semantik* : meliputi informasi kontrol dan penanganan kesalahan;
 - *Timing* : meliputi kecepatan pengiriman dan penerimaan;
- Fungsi umum dari protokol adalah sebagai berikut:
- *Segmentasi* dan *reassembly*, berfungsi untuk membuat frame paket dan membentuknya kembali menjadi data yang utuh;
 - *Encapsulation*, memberi *header*, alamat, dan kode deteksi kesalahan pada paket yang akan dikirimkan;
 - *Connection Control*, bertanggung jawab terhadap pengadaan hubungan, transfer data ;
 - *Ordered Delivery*, bertanggung jawab terhadap pengalamatan yang tepat sebuah paket yang akan dikirimkan;
 - *Flow Control*, bertanggung jawab terhadap control aliran paket data yang sedang dikirimkan seperti menggunakan prosedur *stop and wait* dimana paket selanjutnya akan dikirim bila paket sebelumnya sudah diterima;
 - *Error Control*, beberapa teknik yang dibutuhkan untuk menjaga agar data yang dikirimkan tidak hilang saat pengirimannya.

Setiap perangkat komunikasi data yang umum memiliki 7 lapis protokol OSI (*Open System Interconnection*) dalam melakukan komunikasinya. Gambar 2 menunjukkan hubungan protokol antara perangkat A dan perangkat B. Alur frame berjalan dari lapis paling atas menuju lapis di bawahnya. Bila lapis aplikasi pada perangkat A akan mengadakan hubungan dengan lapis aplikasi pada perangkat B maka secara fisik harus melewati lapis di bawahnya

dahulu sampai lapis fisik akan mengadakan komunikasi antar perangkat tersebut. Lapis protokol pada perangkat B akan menerima kiriman frame untuk lapis aplikasi dengan melewati frame data melalui lapis fisik sampai lapis di atasnya.

Model OSI ini bersifat terbuka (*open*) yang berarti lapis OSI hanya sebagai dasar dari berbagai sistem komunikasi data. Dalam penerapannya, adakalanya hanya digunakan 2 lapis atau 3 lapis OSI saja yang menunjang untuk digunakan dalam satu sistem komunikasi data.

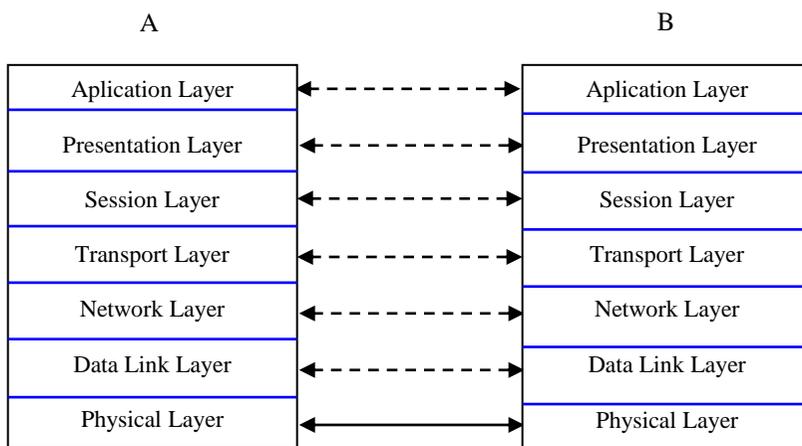
Adapun fungsi dari 7 lapis OSI tersebut adalah sebagai berikut:

- Lapis fisik (*physical layer*), menangani *interface* fisik yang digunakan pada komunikasi antar perangkat.
- Lapis *data link* (*data link layer*), fungsi yang paling penting yang dilakukan lapis ini adalah deteksi kesalahan dan kontrol kesalahan.
- Lapis jaringan (*network layer*), fungsi dasar dari lapis ini adalah mendukung lapis di atasnya dalam transmisi dan penyambungan data serta bertanggungjawab pada pembangunan, pemeliharaan dan pemutusan hubungan.

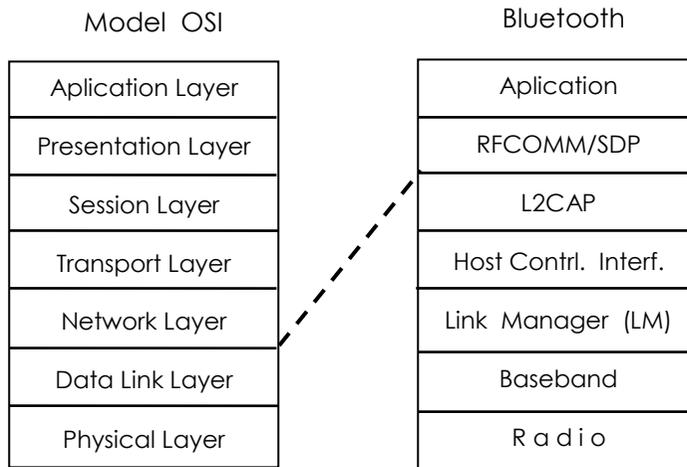
- Lapis transport (*transport layer*), fungsi umum dari lapis ini adalah untuk menentukan mekanisme pengiriman data pada sistem yang berbeda dan mendukung lapis di atasnya.
- Lapis babak (*session layer*), bertanggung jawab terhadap mekanisme kontrol dan dialog diantara aplikasi-aplikasi.
- Lapis presentasi (*presentation layer*), berfungsi untuk menetapkan *syntax* yang tepat pada komunikasi data antar aplikasi,
- Lapis aplikasi (*application layer*), sebagai akses bagi *user* untuk melaksanakan fungsi pengaturan dan penggunaan aplikasi-aplikasi.

7. Protokol Bluetooth

Bluetooth Special Interest Group (SIG) telah mengembangkan spesifikasi *bluetooth* yang berisi antara lain tentang protokol yang akan digunakan dalam teknologi *bluetooth* ini. RFCOMM dan *TCS Binary*, juga dikembangkan oleh *Bluetooth SIG* berdasarkan spesifikasi dari ETSI 07.10 dan rekomendasi ITU-T nomor Q.931. Protokol inti *bluetooth* adalah persyaratan yang mutlak ada di semua perangkat teknologi *bluetooth* sedangkan protokol lainnya digunakan sesuai keperluan.



Gambar 2. Model Referensi OSI (*Open System Interconnection*)



Gambar 3. Perbandingan Model OSI terhadap arsitektur Bluetooth

Tabel 3. Protokol dan lapisan pada arsitektur protokol bluetooth

Lapis protokol	Protokol dalam struktur
Protokol inti Bluetooth	Bluetooth Radio, Baseband, LMP, L2CAP, SDP
Protokol pengganti fungsi kabel	RFCOMM
Protokol kontrol telepon	TCS Binary, AT-commands
Protokol adaptasi	PPP, UDP/TCP/IP, OBEX, WAP, vCard, vCal, WAE

Sumber : Bluetooth SIG, Bluetooth Protocol Architecture

Protokol dasar bluetooth adalah bluetooth radio, baseband dan Link Manager Protocol (LMP) yang disebut protokol inti. Sedangkan protokol yang ada di atasnya adalah protokol-protokol terapan yang dapat diadaptasikan pada arsitektur protokol bluetooth dan telah dikembangkan oleh organisasi lain seperti ETSI. Secara garis besar susunan protokol itu dapat dibagi menjadi 4 bagian seperti terlihat pada tabel 3. Radio, baseband dan LMP ekuivalen dengan lapis fisik (lapis 1) dan data link (lapis 2) pada lapis protokol OSI (Open System Interconnection). Secara kolektif protokol pada lapis inti ini membentuk suatu pipa secara virtual yang digunakan untuk mengalirkan data dari

satu perangkat ke perangkat lainnya melalui interface udara bluetooth.

Host Controller Interface (HCI) menyediakan interface pada baseband kontrol, link manager. HCI dapat diposisikan di bawah Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP), namun posisi ini tidak mutlak karena bisa juga HCI berada di atas L2CAP.

7.1. Bluetooth Radio

Bluetooth radio adalah lapis terendah dari spesifikasi bluetooth. Sistem radio bluetooth mengatur penggunaan pita frekuensi yang harus dipenuhi oleh perangkat transceiver bluetooth, yang beroperasi pada pita frekuensi 2.4 GHz yang disebut industrial,

scientific dan medical (ISM) band. Spasi kanal yang digunakan adalah 1MHz pada spektrum 2400 – 2483,5 MHz dan untuk menghindari terjadinya perubahan regulasi tiap negara maka dibutuhkan *Lower Guard Band (LGB) 2 Mhz* dan *Upper Guard Band (UGB) 3,5 MHz*.

7.2. Lapis baseband

Baseband memungkinkan hubungan RF terjadi antara beberapa unit *bluetooth* membentuk piconet. Sistem RF dari *bluetooth* menggunakan sistem *frequency-hopping-spread-spectrum* yang mengirimkan data dalam bentuk paket pada *time slot* yang sudah ditentukan di frekuensi yang telah ditetapkan pula, lapis ini bertugas melakukan prosedur pemeriksaan dan paging untuk sinkronisasi dari frekuensi *hopping* dan clock dari perangkat *bluetooth* yang berbeda. Ada dua jenis hubungan fisik yang diatur oleh baseband, yaitu:

- *Synchronous Connection-Oriented (SCO)*, dimana paket SCO dapat mengirimkan informasi audio maupun kombinasi dari audio dan data.
- *Asynchronous Connection Less (ACL)*, dimana paket ACL hanya mengirimkan data saja.

7.3. Link Manager Protocol (LMP)

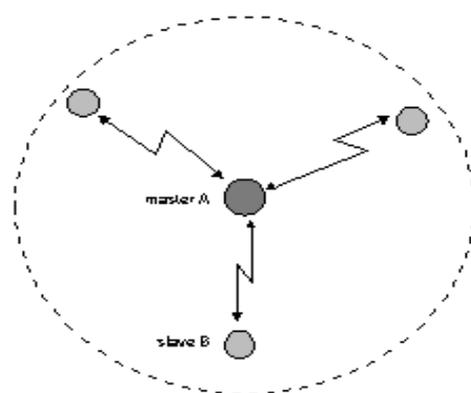
LMP bertanggung jawab terhadap *link set-up* antara perangkat *bluetooth*. Hal ini termasuk aspek keamanan seperti autentikasi dan enkripsi dengan pembangkitan, penukaran dan pemeriksaan ukuran paket dari lapis baseband. LMP_PDU dibawa dalam *payload* dari BB_PDU dari paket ACL yang mempunyai *header L_CH* dengan nilai '11'. LMP_PDU ditransmisikan pada slot single DM1 atau pada paket DV. LMP_PDU mempunyai prioritas yang sangat tinggi, jika diperlukan akan menduduki terlebih dahulu dibanding transmisi SCO untuk mengirim transmisi kontrol kepada perangkat lain. Berbagai protokol pengaturan link dapat dikirimkan melalui LMP PDU. Adapun protokol pengaturan yang penting antara lain:

- Autentikasi perangkat dan enkripsi sebagai bagian dari manajemen keamanan informasi yang terkirim pada perangkat *bluetooth*.
- Pemilihan mode penggunaan daya seperti mode sniff, hold dan mode park sebagai bagian dari manajemen daya perangkat.

Pengaturan pola *paging*, pertukaran master-slave, informasi clock, berbagai pembangunan hubungan lain sebagai bagian dari manajemen kontrol link atau baseband.

8. Piconet dan Scatternet

Pada level *baseband*, ketika dua perangkat sudah terhubung oleh link *bluetooth*, satu perangkat bertindak sebagai *master* dan yang lain bertindak sebagai *slave*. Sebuah *master* dapat berhubungan sekaligus dengan 7 buah *active slave* dan dapat juga berhubungan sampai dengan 255 *parked slaves*. Beberapa *slave* yang terhubung dengan sebuah *master* dinamakan *piconet*. Topologi sederhana terdiri dari 2 perangkat yaitu *master* dan *slave* komunikasi ini disebut *point to point*. Komunikasi *point to multipoint* jika *master* satu, dan *active slave* ada tujuh.



Gambar 4. Piconet sederhana

Dalam sebuah piconet, master mencari perangkat yang ada di dekatnya dan mengirimkan permintaan gelombang radio/ sinyal pada *time slot*.

Slave akan menjawab dengan mengirimkan *identification number*. Pemberitahuan ini dan mekanisme penemuan adalah hal penting pada sebuah spesifikasi *bluetooth*.

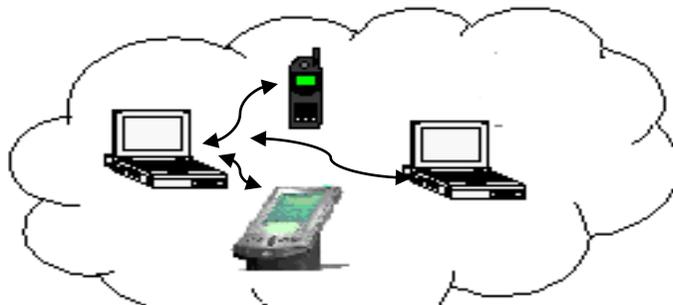
Prosedur *inquiry* dan *paging* merupakan prosedur awal dalam membangun sebuah hubungan membentuk piconet. Setelah prosedur ini, pertukaran paket dapat terjadi, adapun proses pengiriman paket dapat berlangsung dalam 6 langkah. Pada langkah pertama, paket ID dikirim 2 buah pada slot waktu sama dan loncatan frekuensi yang berbeda $f(k)$ dan $f(k+1)$. Slave akan merespon 625 us berikutnya dengan mengirim kode akses dari slave itu sendiri. Lalu pada langkah 3 master akan mengirim paket FHS dan akan direspon oleh slave pada frekuensi sama dan slot waktu berbeda. Langkah 6 sudah memasuki status koneksi dimana paket informasi dapat dipertukarkan. Status ini diawali dengan pengiriman paket POLL, bila tidak diterima oleh slave, maka prosedur *paging* akan diulang lagi.

Link SCO adalah hubungan *point to point* antara *master* dan *slave* tunggal pada piconet, dalam hal ini seperti pada *headset* dengan MS. SCO link bekerja secara *circuit switched* dimana time slot yang akan digunakan akan dipesan terlebih dahulu. Link ACL adalah hubungan *point to multipoint* antara master dan semua slave pada piconet. Pada slot yang belum digunakan untuk SCO link dapat

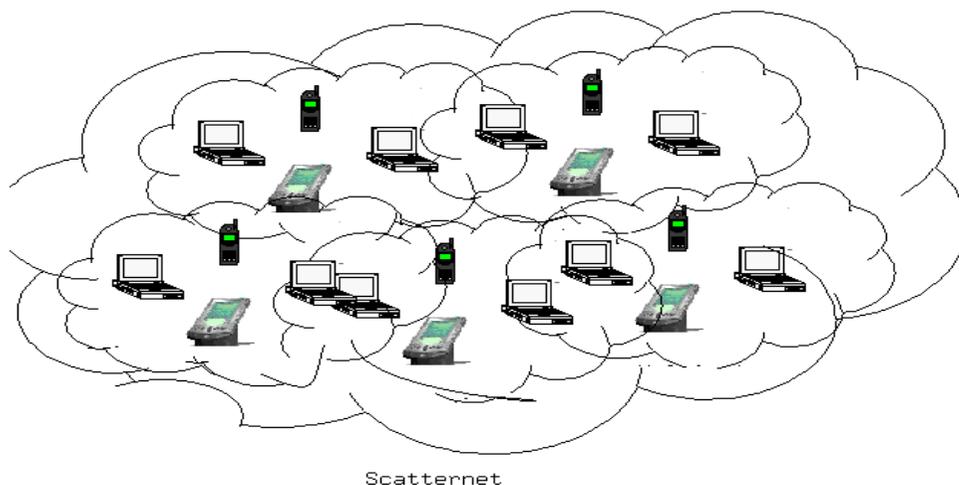
digunakan untuk link ACL. ACL bekerja secara *packet switched* untuk komunikasi data.

Slave yang dikenal pada teknologi bluetooth mempunyai beberapa mode yang disebut mode *baseband*. Mode *baseband* ini digunakan untuk penghematan energi yang digunakan oleh perangkat berspesifikasi *bluetooth*. Adapun mode *baseband* tersebut berjumlah 4 mode yaitu:

- Mode active, secara esensial *slave* selalu terhubung dengan *master* untuk mentransmisikan sinyal data. *Active slave* selalu dapat menerima paket data yang dikirimkan oleh *master* ataupun menerima hanya *header* dari sebuah paket saja dimana paket itu dikirimkan untuk *active slave* yang lain. Mode ini memiliki respon yang cepat dan juga mengkonsumsi power yang besar bila selalu menerima paket dan siap untuk mengirim paket data.
- Mode sniff, salah satu metode untuk mengurangi konsumsi daya. Pada mode ini *slave* menjadi *active slave* secara periodik. *Master* akan mengirimkan paket pada interval tertentu saja dan bila terhubung pada interval awal pada mode *sniff* maka *slave* akan menjadi *active slave*. Konsumsi daya dan kecepatan respon bergantung panjangnya interval waktu.



Gambar 5. Point to multipoint piconet



Gambar 6. Beberapa piconet membentuk scatternet

- Mode hold, pada mode ini slave dapat tidak terhubung dengan master dalam waktu yang cukup lama yang disebut waktu hold, bila waktu hold ini berakhir maka slave dapat menerima kembali kiriman paket dari master. Konsumsi daya dapat lebih kecil dibandingkan dengan mode sniff.
- Mode park, pada mode ini perangkat masih mengadakan sinkronisasi dengan piconet namun tidak berpartisipasi dalam trafiknya. Mode ini digunakan bila ada lebih dari 7 perangkat yang menjadi slave pada sebuah piconet. Konsumsi daya mode ini lebih kecil dibandingkan dengan mode lainnya.

Sebanyak sepuluh piconet membentuk sebuah scatternet. Slave dalam satu piconet dapat berpartisipasi pada piconet yang lain baik sebagai master atau slave.

9. Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

Metode FHSS mempunyai sinyal carrier yang melompat dari frekuensi satu ke frekuensi yang lain sepanjang lebar pita frekuensi menurut urutan yang didefinisikan oleh PRN (Pseudo Random Noise). Kecepatan dari lompatan

tergantung pada data rate dari original information, dan satu hal yang dapat membedakan antara Fast Frequency Hopping Spread Spektrum (FFHSS) dan Low Frequency Hopping Spread Spektrum (LFHSS). Metode yang banyak digunakan belakangan ini, mengijinkan beberapa bit data memodulasi frekuensi yang sama. FFHSS, dicirikan oleh beberapa lompatan pada bit data.

Gambar 7, menunjukkan rangkaian dasar metode FHSS dan spektrum frekuensi sebuah sinyal.

Sebenarnya mengapa bluetooth lebih memilih metode FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) dibandingkan dengan DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Alasan yang membuat mengapa bluetooth tidak menggunakan DSSS antara lain sebagai berikut :

- a. FHSS membutuhkan konsumsi daya dan kompleksitas yang lebih rendah dibandingkan DSSS hal ini disebabkan karena DSSS menggunakan kecepatan chip (chip rate) sedangkan FHSS menggunakan kecepatan simbol (symbol rate), sehingga cost yang dibutuhkan untuk penggunaan DSSS akan lebih tinggi.

b. FHSS menggunakan FSK (*Frequency Shift Keying*) dimana ketahanan terhadap gangguan noise relatif lebih bagus dibandingkan dengan DSSS yang biasanya menggunakan QPSK, untuk IEEE 802.11, 2 Mbps atau CCK (IEEE 802.11b, 11 Mbps).

Walaupun FHSS mempunyai jarak jangkauan dan transfer data yang lebih rendah dibandingkan dengan DSSS tetapi untuk layanan dibawah 2 Mbps FHSS dapat memberikan solusi *cost-efektif* yang lebih baik.

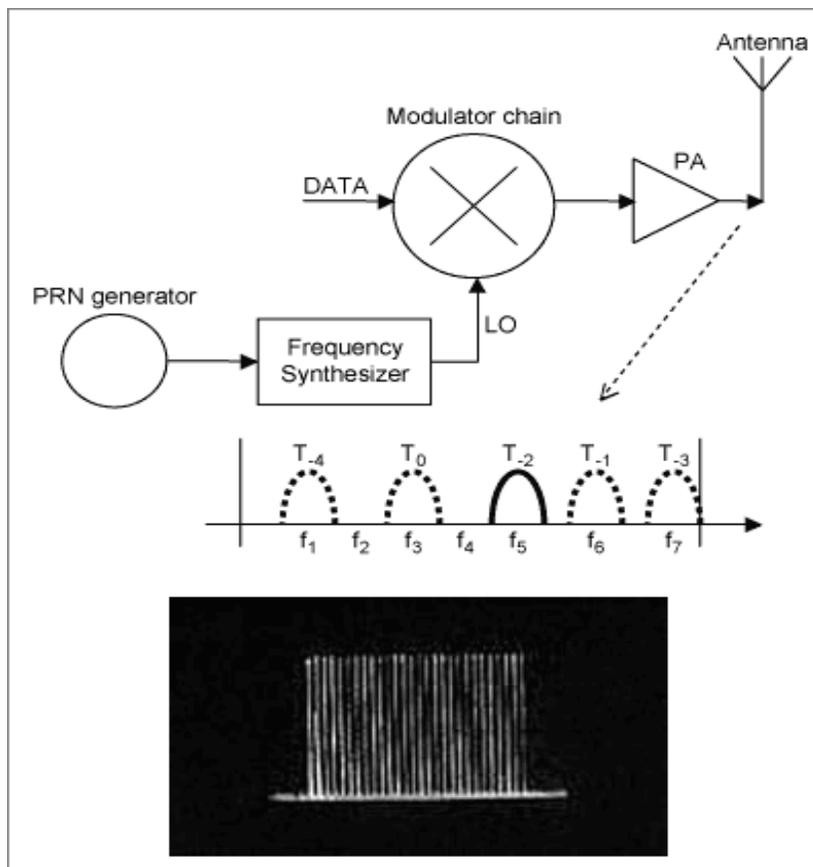
10. Sistem Keamanan (Sekuriti)

Bluetooth dirancang memiliki sistem keamanan sehingga dapat

digunakan secara aman baik dalam lingkungan bisnis maupun rumah tangga. Fitur-fitur yang disediakan bluetooth antara lain :

- Autentikasi user
- Enkripsi data
- *Fast frekuensi-hopping* (1600 hops/sec)
- *Output power control*

Sistem Keamanan tersebut menyediakan fungsi-fungsi keamanan dari tingkat keamanan layer fisik/radio yaitu gangguan dari penyadapan data sampai dengan tingkat keamanan layer yang lebih tinggi seperti penggunaan password dan PIN.



Gambar 7. Foto analisis spektrum sebuah sinyal FHSS

11. Aplikasi dan Layanan

Perangkat-perangkat yang dapat diintegrasikan dengan teknologi *bluetooth* antara lain : *mobile PC*, *mobile phone*, PDA (*Personal Digital Assistant*), *headset*, kamera, printer, router dan sebagainya. Aplikasi-aplikasi yang dapat disediakan oleh layanan *bluetooth* ini antara lain : *PC to PC file transfer*, *PC to PC file synch (notebook to desktop)*, *PC to mobile phone*, *PC to PDA*, *wireless headset*, *LAN connection via ethernet access point* dan sebagainya.

Produk *bluetooth* yang siap di pasaran sangat bervariasi, misalnya yang terdapat pada Video kamera Sony, mesin cuci/pengering Toshiba, TDK USB modul, Motorola headset, Ericsson T68l phones, dan lain-lain. Perusahaan pengiriman United Parcel Service (UPS) merencanakan untuk menyebarkan 55.000 *bluetooth* scanners untuk menelusuri jejak paket pengiriman mereka. Motorola dan Federal Express memproduksi *bluetooth* baru yang disebut Power Pad. Texas Instrumen sedang membuat *chipset* yang baru, diberi nama *Wireless Any Network Digital Assistant (WANDA)*, yang digunakan dalam *mobile phone* yang dapat terhubung ke sebuah *Wi-Fi hot spot*.

12. Kesimpulan

- *Bluetooth* mampu menawarkan solusi yang cukup efektif dan efisien dalam memberikan layanan kepada pengguna untuk melakukan transfer data dengan kecepatan kurang dari 1 Mbit/s dan jangkauan yang relatif terbatas, tergantung pada output power yang dimiliki.
- Teknologi *bluetooth* dimungkinkan untuk terus berkembang menuju kematangan baik dari sisi standarisasi maupun aplikasi. Dengan pertimbangan bahwa *bluetooth* mampu menyediakan berbagai macam aplikasi dan layanan dengan biaya yang relatif murah, mudah dalam pengoperasian, *interoperability* yang menjanjikan

serta didukung oleh berbagai vendor besar dibidang telekomunikasi maupun komputer, dan lebih dari 2100 perusahaan telah bergabung sebagai adopter teknologi ini, sehingga tidak mustahil teknologi *bluetooth* akan menjadi salah satu primadona, baik untuk keperluan rumah tangga maupun perkantoran/bisnis.

- Sistem protokol *bluetooth* dimaksudkan untuk mengatur, mengontrol dan memudahkan perkembangan aplikasi menggunakan teknologi *bluetooth*.
- Sistem *bluetooth* terdiri dari sebuah *radio transceiver*, *baseband link controller* dan sebuah *link manager*. *Baseband link controller* menghubungkan perangkat keras radio ke *baseband processing* dan lapis protokol fisik. *Link manager* melakukan aktivitas-aktivitas protokol tingkat tinggi seperti melakukan link setup, autentikasi dan konfigurasi.
- Lapis bawah dari susunan protokol *bluetooth* yakni *radio*, *baseband* dan *Link Manager Protocol (LMP)* dirancang sebagai lapis dasar atau protokol inti. *Link Manager Protocol (LMP)* bertanggung jawab terhadap pengaturan hubungan antara perangkat *bluetooth*. Hal ini termasuk aspek keamanan link seperti proses autentikasi dan enkripsi dengan pembangkitan, penukaran, dan pemeriksaan ukuran paket dari lapis *baseband*.
- Lapis *baseband* dan *control link* memungkinkan hubungan RF (*radio frequency*) terjadi antara beberapa unit *bluetooth* membentuk *piconet* (sebuah unit sebagai *master* dan satu atau lebih unit sebagai *slave*).
- Sistem RF dari *bluetooth* menggunakan metode *Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)* pada 79 kanal 1 MHz menggunakan pita frekuensi 2.4 GHz (ISM band) dan mengirimkan data dalam bentuk paket pada slot waktu yang telah ditentukan dengan pola *Time Division Duplex (TDD)* di frekuensi yang telah

ditetapkan. Laju data pada implementasi ini sebesar 1 Mbps. Lapis ini bertugas melakukan prosedur *inquiry* dan *paging* untuk sinkronisasi dari transmisi loncatan frekuensi dan clock dari perangkat *bluetooth* yang berbeda. Lebar slot waktu pada satu kanal frekuensi adalah 625 us.

13. Daftar Pustaka

- Blankenbeckler, David ,2003, *An Introduction to Bluetooth*. <http://www.wirelessdevnet.com> , diakses 14 Maret 2006.
- Bluetooth Special Interest Group, Radio Specification.
- Franklin, Curt, 2003, *How Bluetooth Works*. <http://www.howstuffworks.com/bluetooth.htm>, diakses 17 April 2006.
- Khaled, S., Usman, U.K., 2002, *Kajian Teknis Teknologi Bluetooth dan Penerapan pada Piranti Jaringan Telekomunikasi* . Divisi RistI, PT Telekomunikasi Indonesia, (on line) diakses 22 Maret 2006.
- Khairuddin, 2004, *Bluetooth, Teknologi yang Hidup Kembali*. PC Media, Edisi Juni 2004 No. 06/2004 (on line) diakses 3 Juni 2006.
- Nichols, R.K., Lekkas, P.C. , 2002, *Wireless Security, Models, Threats, and Solution*. McGraw-Hill, International Edition, 2002, hal. 389-416.
- Nieto Sandra, 2003, *An Overview of Bluetooth*, EETS 8316
- Susanto, Tri, 2001, *Bluetooth : Teknologi Komunikasi Wireless untuk Layanan Multimedia dengan Jangkauan Terbatas*. (on line). <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ut36.html> , diakses 14 Maret 2006.