

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teknologi Bluetooth

Seperti kita ketahui, Bluetooth merupakan teknologi yang berkembang sebagai jawaban atas kebutuhan komunikasi antar perlengkapan elektronik agar dapat saling mempertukarkan data dalam jarak yang terbatas menggunakan gelombang radio dengan frekuensi tertentu. Bluetooth beroperasi dalam pita frekuensi 2,4 Ghz dengan menggunakan sebuah *frequency hopping traceiver* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara real time antara host-host Bluetooth dengan jarak terbatas. Kelemahan teknologi ini adalah jangkauannya yang pendek dan kemampuan transfer data yang rendah.

Pada dasarnya Bluetooth diciptakan bukan hanya menggantikan atau menghilangkan penggunaan kabel didalam pertukaran informasi, tetapi juga mampu menawarkan fitur yang baik untuk teknologi *mobile wireless* dengan biaya yang relative rendah, konsumsi daya yang rendah, *interoperability* yang menjanjikan, mudah dalam pengoperasian dan mampu menyediakan layanan yang bermacam-macam. Untuk memberi gambaran yang lebih jelas mengenai teknologi Bluetooth yang relatif baru ini, berikut diuraikan tentang sejarah munculnya Bluetooth dan perkembangannya, teknologi yang digunakan pada system Bluetooth dan aspek layanan yang mampu disediakan, uraian tentang

perbandingan metode modulasi *spread spectrum* FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) yang digunakan oleh Bluetooth dibandingkan dengan metode *spread spectrum* DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) serta interferensi Bluetooth dengan ponsel.[4]

Salah satu implementasi Bluetooth yang populer adalah pada peralatan ponsel. Jika anda perhatikan, baik media transmisi Bluetooth maupun ponsel baik GSM maupun CDMA sama-sama menggunakan media transmisi gelombang radio berdaya rendah yang berpotensi untuk saling mengganggu aktifitas dari masing-masing modul peralatan tersebut atau sering pula disebut dengan interferensi.



Gambar1. Contoh Perlengkapan Transfer Bluetooth

Bluetooth adalah teknologi radio *short-range* yang memberikan kemudahan konektifitas bagi peralatan-peralatan *wireless*. Secara umum, sebuah peralatan Bluetooth terdiri atas sebuah unit radio, sebuah unit *link control*, dan sebuah *unit support*, yang berfungsi untuk proses manajemen *link*.

Dengan karakteristik untuk komunikasi jarak pendek yang stabil dan kecepatan tinggi tersebut, tentunya tak heran jika dimasa mendatang Bluetooth menjadi

fitur wajib peralatan-peralatan elektronik yang beredar, Kendala terbesar masih berkisar pada masih cukup tingginya harga chip atau modul Bluetooth.

Bluetooth juga dapat berupa *card* yang bentuk dan fungsinya hampir sama dengan *card* yang digunakan untuk *wireless local area network* (WLAN) IEEE 802.11 lainnya. Pengembangan teknologi Bluetooth diciptakan pada dasarnya bukan hanya digunakan untuk menggantikan atau menghilangkan penggunaan kabel dalam melakukan pertukaran informasi. Namun, teknologi Bluetooth juga mampu menawarkan fitur mudah untuk teknologi nirkabel *mobile* dengan biaya yang relative rendah, konsumsi daya yang rendah, *interoperability* yang menjanjikan, pengoperasian mudah dan mampu menyediakan layanan yang beragam seperti sarana kendali jarak jauh, pertukaran data baik tulisan, gambar, bahkan mendukung pertukaran video juga.

Tabel 1. Karakteristik Radio Bluetooth Sesuai Dengan Dokumen

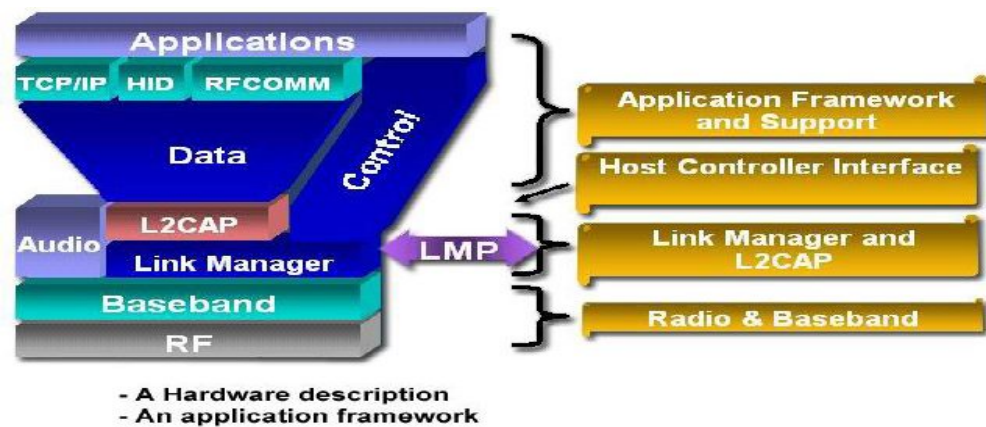
Bluetooth SIG

| Parameter | Spesifikasi |
|-----------------------|--|
| Transmitter | |
| Frekuensi | ISM band, 2400 - 2483.5 MHz (mayoritas), untuk beberapa negara mempunyai batasan frekuensi sendiri (lihat tabel 2), spasi kanal 1 MHz. |
| Maksimum output power | Power class 1 : 100 mW (20 dBm)Power class 2 : 2.5 mW (4 dBm)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 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% |

B. Arsitektur Bluetooth

Teknologi Bluetooth dibagi menjadi dua spesifikasi yaitu *spesifikasi core* dan *profile*. *Spesifikasi core* menjelaskan bagaimana teknologi ini bekerja, sementara itu *spesifikasi profile* bagaimana membangun *interoperation* antar perangkat Bluetooth dengan menggunakan teknologi *core*.



Gambar 2. Protokol Bluetooth

Protokol-protokol Bluetooth dimaksudkan untuk mempercepat pengembangan aplikasi-aplikasi dengan menggunakan teknologi Bluetooth. *Layer-layer* bawah pada *stack protokol* Bluetooth dirancang untuk menyediakan suatu dasar yang fleksibel untuk pengembangan protokol yang lebih lanjut. Protokol-protokol yang lain seperti *RFCOMM* diambil dari protokol-protokol yang sudah ada dan protokol ini hanya dimodifikasi sedikit untuk disesuaikan dengan kepentingan Bluetooth. Pada protokol-protokol *layer* atas digunakan tanpa melakukan modifikasi. Dengan demikian, aplikasi-aplikasi yang sudah ada dapat digunakan dengan teknologi Bluetooth sehingga *interoperability* akan lebih terjamin.

Bluetooth *Special Interest Group (SIG)* telah mengembangkan spesifikasi Bluetooth yang berisi tentang protokol yang akan digunakan dalam teknologi Bluetooth ini. 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. *Radio, baseband* dan *LMP* ekuivalen dengan lapis fisik dan data link pada lapis protokol OSI.

Stack protokol Bluetooth dapat dibagi ke dalam empat *layer* sesuai dengan tujuannya. Berikut protokol-protokol dalam *layer-layer* di dalam *stack* protokol Bluetooth yang tertera pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2. *Layer* Protokol dan *stack* Bluetooth

| Layer Protokol | Protokol di Stack |
|------------------------------------|--|
| <i>Bluetooth Core Protocols</i> | Baseband, LMP, L2CAP, SDP |
| <i>Cable Replacement Protocols</i> | RFCOMM |
| <i>Telephony Control Protocols</i> | TCS Binary, AT-commands |
| <i>Adopted Protocols</i> | PPP, UDP/TCP/IP, OBEX, WAP, vCard, vCal, IrMC, WAE |

Selain itu juga terdapat *Host Controller Interface* (HCI) yang melakukan perintah-perintah yang menghubungkan *control baseband*, pengaturan hubungan yang dibangun, dan akses ke *hardware* dan pengaturan *register*.

- *Baseband*:

Lapis yang memungkinkan hubungan RF terjadi antara beberapa unit Bluetooth membentuk *piconet*. Sistem RF dari Bluetooth ini menggunakan frekuensi-*hopping-spread spectrum* yang mengirimkan data dalam bentuk paket pada time slot dan frekuensi yang telah ditentukan, lapis ini melakukan prosedur pemeriksaan dan *paging* untuk sinkronisasi transmisi frekuensi *hopping* dan *clock* dari perangkat Bluetooth yang berbeda.

- *Link Manager Protocol* (LMP):

The link manager protocol adalah perespon, menset dan menghubungkan kanal antara perangkat keras. Protokol ini terdapat meningkatkan performa keamanan seperti membentuk autentifikasi, pertukaran, dan verifikasi dan kunci enkripsi dan negosiasi ukuran paket *baseband*.

- *Logical Link Control and Adaptation Protocol* (L2CAP):

Paket L2CAP membawa muatan yang penting yang dibawa ke layer protokol yang lebih tinggi.

- *Service Discovery Protocol (SDP):*

Protokol ini digunakan untuk memberikan informasi *device*, pelayanan diperbolehkan untuk mengakses *device* yang berfungsi.

- *Cable Replacement Protocol (RFCOMM):*

RFCOMM adalah emulasi jalur serial.

- *Telephony Control Protocol:*

The Telephony Control - Binary (TCS Binary) and *Telephony Control - AT Commands* digunakan untuk menyusun percakapan dan data antara device dan mengontrol *mobile phone* dan modem.

- *Adopted Protocols:*

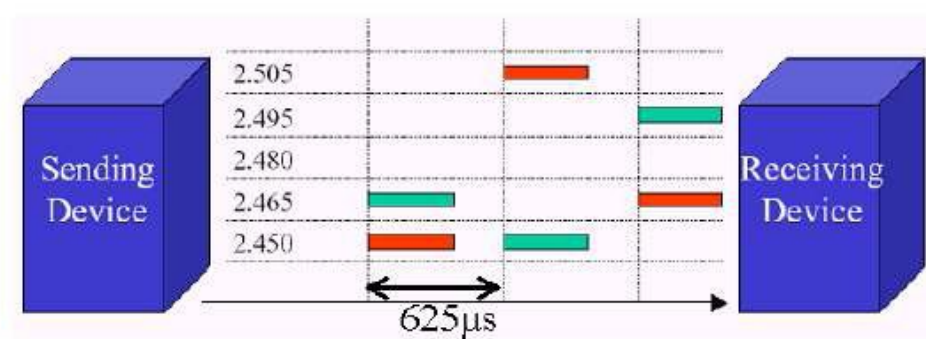
Bluetooth juga mensupport protokol PPP, TCP/UDP/IP, OBEX dan WAP untuk memaksimalkan interoperabilitasnya.

- *Radio Frequency (RF)*

Adalah lapis terendah dari spesifikasi Bluetooth . Unit RF merupakan sebuah *transceiver* yang memfasilitasi hubungan *wireless* antar perangkat Bluetooth yang beroperasi pada *International Scientific and Medical (ISM) band* dengan frekuensi 2,4GHz. *ISM band* bekerja dengan *frequency-hopping*, dan pembagiannya dibuat dalam 79 hop dengan *spasi* 1 MHz.

C. Karakteristik Transceiver Bluetooth

Transceiver Bluetooth beroperasi pada frekuensi 2.4GHz ISM (*Industrial Scientific Medical*) yang secara tepat berada pada frekuensi antara 2.400-2.483MHz yang terdiri atas 79 kanal. Kecepatan transfer data maksimum yang dapat dicapai adalah 1 Mbps. Bluetooth menggunakan kombinasi teknologi *packet* dan *circuit* untuk proses transmisinya. Masing-masing kanal tersebut dibagi lagi dalam *time slot* yang berisi selang selama 625 μ sec. Setelah satu paket dikirimkan lewat sebuah frekuensi, kedua peralatan Bluetooth yang sedang berkomunikasi melakukan *tune* ulang dengan frekuensi yang berbeda. Secara efektif akan melakukan lompatan pada kecepatan 1600 lompatan per detik melalui beberapa *time slot* yang berbeda. Inilah yang dinamakan dengan *Frequency Hopping*. Teknologi *frequency-hopping* dimungkinkan berbagai jenis perangkat transmit pada frekuensi yang sama tanpa menimbulkan irterferensi.



Gambar 3. Spektrum Frequency Hopping

Jarak jangkauan dari peralatan Bluetooth sangat bergantung pada kelas daya dari peralatan radio yang digunakan. Untuk peralatan mobile, umumnya digunakan peralatan radio kelas 2 yang memiliki jangkauan hingga 10 m. Kelas ini berkaitan dengan output power yang digunakannya. Kelas 1 memiliki output power yang lebih besar. Seperti telah dikemukakan sebelumnya, terdapat tiga kelas daya yaitu:

- Daya kelas 1 beroperasi antara 100mW (20dBm) dan 1mW (0dBm), dan didesain untuk peralatan dengan jangkauan yang jauh (hingga 100 m).
- Daya kelas 2 beroperasi antara 2.5mW (4dBm) dan 0.25mW (-6dBm), dan didesain untuk jarak jangkauan sedang sekitar 10 m.
- Sedangkan daya kelas 3 memiliki daya sekitar 1mW (0dBm) dan bekerja untuk peralatan dengan jarak jangkauan pendek atau sekitar 1 m.

Dalam jaringan Bluetooth pelaksanaan komunikasi pada waktu tertentu diasumsikan hanya beberapa stasion yang berpartisipasi berkomunikasi yaitu sebuah *master* dan satu atau lebih *slave*, kelompok ini disebut *piconet*. Master mengeset urutan *hopping*, dan slave mensinkronkannya dengan master. Slave hanya berkomunikasi dengan master. Master dalam piconet hanya mampu berkomunikasi dengan tujuh buah slave aktif dan maksimum sampai 255 slave tidak aktif. Bila lebih dari tujuh stasion yang ingin berkomunikasi maka dapat membuat jaringan piconet baru, gabungan beberapa piconet disebut *scatternet*. Untuk mencegah bentrokan dengan berbagai daya dari peralatan yang berbeda, maka memungkinkan untuk menaikkan atau meningkatkan daya dari peralatan melalui *Link Manager Protocol* (LMP). Interferensi terjadi karena

adanya tabrakan antara paket dari peralatan Bluetooth yang digunakan dengan peralatan lain yang bekerja pada frekuensi yang berdekatan sehingga saling *overlap* dalam domain waktu dan frekuensi. *Frequency Hopping* juga mendukung munculnya interferensi ini, untuk itu beberapa peralatan Bluetooth dilengkapi dengan sebuah Teknologi akses yang dinamakan dengan *Frequency Hop Spread Spectrum* (FHSS).

Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan Bluetooth

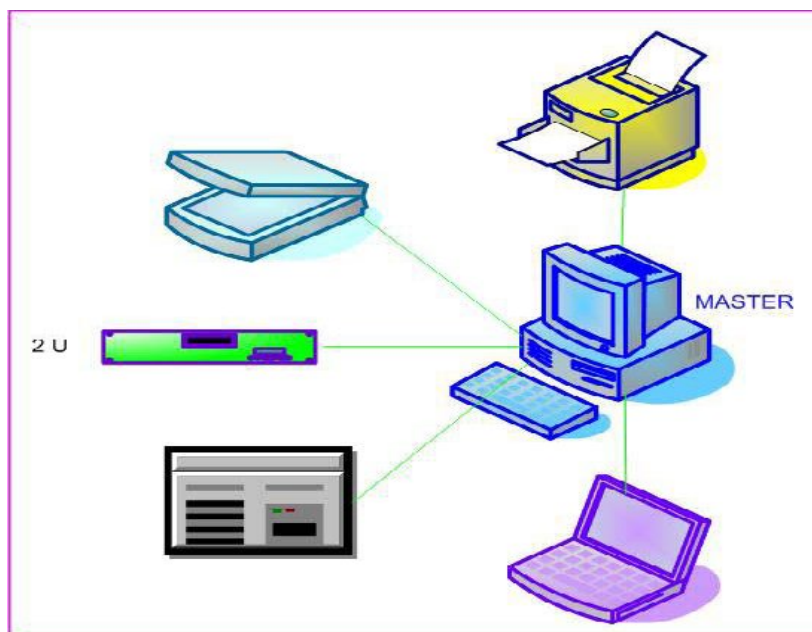
| | |
|------------|--|
| Kelebihan | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tanpa kabel, ➤ Sinyal dapat menembus tembok atau halangan, ➤ Biaya relatif murah, ➤ Konsumsi daya rendah, ➤ Hardware yang berukuran kecil, ➤ Bluetooth dapat mensinkronisasi database dari handphone ke computer. |
| Kekurangan | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kemungkinan terjadinya interferensi dengan teknologi lain yang menggunakan ISM <i>band</i>, ➤ Kecepatan data relative rendah, ➤ Sinyal yang lemah di luar batasan, ➤ Sistem ini menggunakan frekuensi yang sama dengan gelombang LAN standar, ➤ Apabila dalam suatu ruangan terlalu banyak koneksi Bluetooth yang digunakan, akan menyulitkan pengguna untuk menemukan penerima yang diharapkan, ➤ Banyak mekanisme keamanan Bluetooth yang harus diperhatikan untuk mencegah kegagalan pengiriman atau penerimaan informasi, ➤ Di Indonesia, sudah banyak beredar virus-virus |

| | |
|----------------------------|--|
| | yang disebarkan melalui Bluetooth dari handphone. |
| Keamanan Data dan jaringan | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiga mode keamanan, ➤ Dua tingkat <i>device trust</i>, ➤ Tiga tingkat keamanan layanan, ➤ Enkripsi stream, ➤ PIN-<i>deviced key</i> ➤ <i>Limited management</i> |

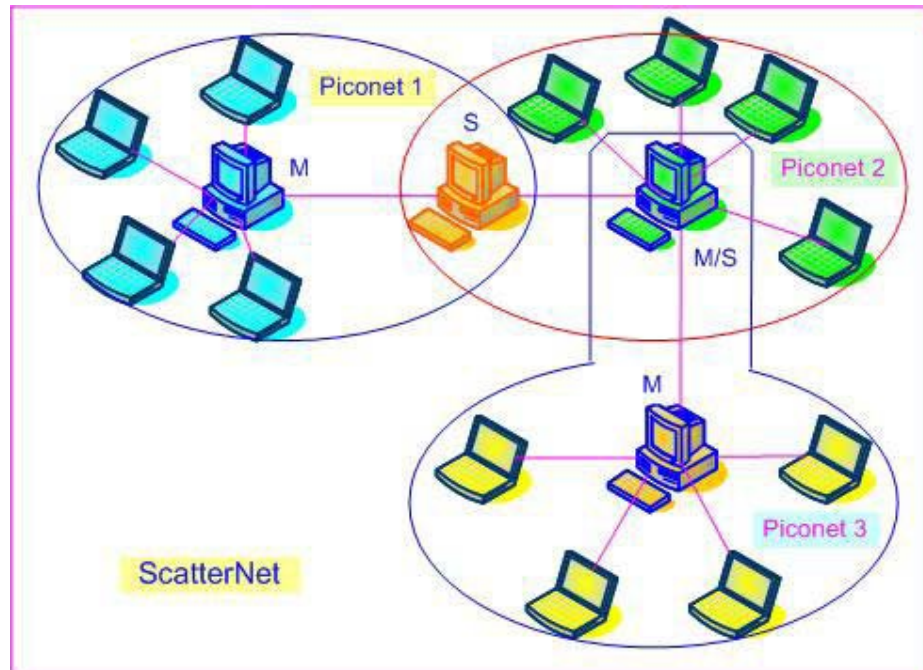
D. Koneksi Jaringan Bluetooth

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*. Unit *baseband* atau disebut *link control unit*, adalah perangkat keras yang memfasilitasi hubungan RF diantara perangkat Bluetooth. Apabila sudah tersambung, terdapat dua jenis hubungan yang dapat dikerjakan oleh unit ini yaitu *synchronous connection-oriented (SCO)* dan *asynchronous connectionless (ACL)*. Sambungan SCO dapat melakukan *circuit-switched*, sambungan *point-to-point* (biasanya untuk data), suara dan *streaming*. Kecepatan data pada kedua sisi (pengirim, penerima) adalah 433,9 Kbps. ACL melayani sambungan *packet-switched* dan *point to multipoint* biasanya hanya untuk data. Kecepatan sisi penerima mencapai 723,2 Kbps dan sisi pengirim hanya 57,6 Kbps. Modul *baseband* ini terdiri dari *flash memory* dan

sebuah *central processing unit* yang bertugas mengatur *timing*, *frequency hopping*, enkripsi data dan *error correction* bekerja sama dengan *link manager protocol* (LMP). LMP merupakan protokol Bluetooth yang bertugas mengontrol dan men-*setup* hubungan data dan audio diantara perangkat Bluetooth. Seperti terlihat pada Gambar 2.5, *radio frequency* (RF), *baseband* dan *link manager protocol* disebut sebagai *Host Control Interface* (HCI) yang berfungsi melaksanakan dan menjaga semua hubungan komunikasi dalam Bluetooth. *Piconet* merupakan piranti yang menghubungkan pada jaringan *ad hoc*. Dua sampai delapan komputer bisa digabungkan dalam sebuah *piconet*. Salah satu dari kedelapan komputer setiap piconet disebut dengan *master* dan lainnya disebut dengan *slave*. Gabungan dari beberapa kelompok *piconet* akan membentuk sebuah *scatternet*. Untuk memahami lebih lanjut, *piconet* dan *scatternet* ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Sistem Koneksi Pada Bluetooth



Gambar 5. Interkoneksi Antar Master Dan Slave Pada *Piconet* dan *Scatternet*

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.
- **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.

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 Connectionless* (ACL), dimana paket ACL hanya mengirimkan data saja.

E. Keamanan Bluetooth

Bluetooth dirancang untuk memiliki fitur-fitur keamanan sehingga dapat digunakan secara aman baik dalam lingkungan bisnis maupun rumah tangga.

Fitur-fitur yang disediakan Bluetooth antara lain sebagai berikut:

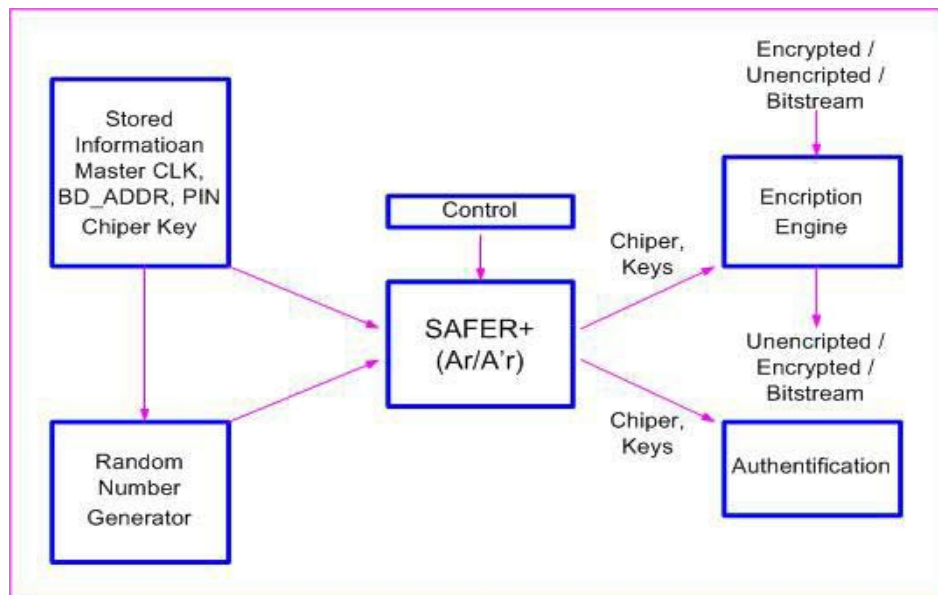
- a. Enkripsi data.
- b. Autentikasi user
- c. Fast frekuensi-hopping (1600 hops/sec)
- d. Output power control

Fitur-fitur tersebut menyediakan fungsi-fungsi keamanan dari tingkat keamanan layer fisik/radio yaitu gangguan dari penyadapan sampai dengan tingkat keamanan layer yang lebih tinggi seperti *password* dan PIN.

Dalam sistem komunikasi Bluetooth setiap orang berpotensi mendengarkan. Oleh karena itu *issue* utama dalam sistem ini adalah menjamin bagaimana informasi itu tidak dapat didengar oleh yang tidak berhak. Untuk keamanan informasi, system Bluetooth mempergunakan keamanan bertingkat, meliputi : *baseband*, *link manager*, *host control interface (HCI)* dan *generic acces profile (GAP)*. Prinsip keamanan alam Bluetooth pada dasarnya dilaksanakan dengan dua tahapan. Pertama, otentikasi (*authentication*) yaitu metoda yang menyatakan bahwa informasi itu betul-betul asli atau perangkat yang mengakses informasi betul-betul perangkat yang dimaksud. Kedua, enkripsi (*encryption*) yaitu suatu proses yang dilakukan untuk mengamankan sebuah

pesan (yang disebut *plaintext*) menjadi pesan yang tersembunyi (disebut *ciphertext*).

Gambar memperlihatkan diagram blok struktur fungsional otentikasi dan enkripsi pada sistem Bluetooth. Saat inisialisasi nomer PIN khusus perangkat dipakai untuk membangkitkan 128 bit kunci mempergunakan BD_ADDR dari *claimant* dan bilangan acak yang dipertukarkan oleh *verifier* dan *claimant*. Prosedur otentikasi diperlukan untuk memastikan kedua unit menggunakan 128 bit kunci yang sama, dan oleh karena itu nomer PIN yang sama dimasukkan pada kedua perangkat tersebut. Berdasarkan prosedur di atas selanjutnya algoritma SAFER+ akan membangkitkan beberapa kunci (*keys*). Kunci-kunci ini akan digunakan oleh LMP dalam proses negoisasi, *encryption engine* dan *authentication*. Diagram blok untuk enkripsi dan otentifikasi ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.



Gambar 6. Diagram Blok Enkripsi Dan Otentikasi

F. Deskripsi Sistem

Berikut adalah gambar 7 menunjukkan blok diagram system secara keseluruhan. Ada 3 bagian utama dari system kendali jarak jauh ini yaitu telepon seluler dan komputer (laptop) dan Bluetooth yang sudah terpasang pada komputer dan juga telepon seluler. Bluetooth yang digunakan pada komputer adalah Bluetooth eksternal class 1 dengan jarak jangkauan 100 meter. Sedangkan Bluetooth pada telepon seluler adalah Bluetooth internal yang artinya Bluetooth tersebut merupakan *hardware* bagian dari telepon seluler itu sendiri.



Gambar. 7 Blok Diagram Sistem

Kemudian berdasarkan urutan kerja system, masing-masing blok perangkat akan didefinisikan fungsinya untuk kemudian direalisasikan dengan perancangan. Berikut merupakan fungsi masing-masing perangkat.

1. Telepon seluler, telepon seluler ini berfungsi sebagai pengendali jarak jauh untuk perangkat elektronik. Perintah akan dikirimkan dari aplikasi Java Bluetooth pada telepon seluler ke computer menggunakan koneksi Bluetooth.
2. Komputer, berfungsi sebagai *server* Bluetooth yang akan menerima dan mengolah pesan berupa perintah (kendali) yang dikirim oleh telepon

selular. Sebelum dapat dikendalikan, server akan meminta terlebih dahulu kepada telepon selular untuk mengendalikan computer.

3. Bluetooth, berfungsi sebagai media transmisi antara computer dengan telepon selular.

G. Gelombang Radio

Komunikasi Wireless (*nirkabel*) menggunakan gelombang elektromagnet untuk mengirimkan sinyal jarak jauh. Sebuah gelombang mempunyai kecepatan, frekuensi dan panjang gelombang. Masing-masing parameter berhubungan melalui hubungan yang sederhana.

$$\text{Kecepatan} = \text{Frekuensi} * \text{Panjang Gelombang}$$

Untuk gelombang elektromagnetik, kecepatan adalah c , atau kecepatan cahaya.

$$c = 300,000 \text{ km/s} = 300,000,000 \text{ m/s} = 3*10^8 \text{ m/s}$$

$$c = f * \lambda$$

Panjang gelombang (biasanya di kenal sebagai λ) adalah jarak yang di ukur dari satu titik dari sebuah gelombang ke titik yang sama di gelombang selanjutnya. Misalnya, dari puncak gelombang yang satu ke puncak gelombang yang selanjutnya. Dengan mengetahui kecepatan cara, kita dapat menghitung panjang gelombang untuk frekuensi tertentu.

Mari kita ambil contoh frekuensi untuk jaringan wireless 802.11b, yaitu

$$f = 2.4 \text{ GHz}$$

$$= 2,400,000,000 \text{ getaran / detik}$$

$$\text{panjang gelombang } \lambda (\lambda = c / f)$$

$$= 3 \cdot 10^8 / 2.4 \cdot 10^9$$

$$= 1.25 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$= 12.5 \text{ cm}$$

Frekuensi dan panjang gelombang akan menentukan sebagian besar dari perilaku gelombang elektromagnetik, mulai dari antena yang kita buat sampai dengan objek yang ada di perjalanan dari jaringan *wireless* yang akan kita operasikan. Panjang gelombang juga akan bertanggung jawab pada berbagai perbedaan standar yang akan kita pilih. Oleh karena-nya, memahami dasar dari frekuensi dan panjang gelombang akan sangat menolong dalam pekerjaan praktis *wireless network*. Frekuensi adalah jumlah dari gelombang yang melalui titik tertentu dalam sebuah perioda waktu. Kecepatan biasanya diukur dalam meter per detik, frekuensi biasanya di ukur dalam getaran per detik (atau Hertz, yang di singkat Hz), dan panjang gelombang biasanya di ukur dalam meter. Gelombang mempunyai sebuah parameter yang di sebut ***amplituda***. Amplituda adalah jarak dari pusat gelombang ke puncak tertinggi gelombang, dan dapat di bayangkan sebagai “tinggi” dari gelombang di air. Gelombang elektromagnetik berbeda dengan gelombang mekanik, mereka tidak membutuhkan media untuk menyebar / berpropagasi. Gelombang elektromagnetik bahkan akan ber-propagasi di ruang hampa seperti di ruang angkasa.

H. Perilaku Gelombang Radio

Ada beberapa aturan yang sangat ampuh pada saat merencanakan pertama kali untuk jaringan nirkabel:

- Semakin panjang panjang gelombang, semakin jauh gelombang radio merambat.
- Semakin panjang panjang gelombang, semakin mudah gelombang melalui atau mengitari penghalang.
- Semakin pendek panjang gelombang, semakin banyak data yang dapat di kirim.

Berikut adalah penjelasan dari perilaku gelombang radio :

➤ Gelombang panjang menjalar lebih jauh

Untuk daya pancar yang sama, gelombang dengan panjang gelombang yang lebih panjang cenderung untuk dapat menjalar lebih jauh daripada gelombang dengan panjang gelombang pendek. Efek ini kadang kala dapat terlihat di radio FM, jika di bandingkan jarak pancar pemancar FM di wilayah 88MHz dengan wilayah 108MHz. Pemancar dengan frekuensi yang lebih rendah cenderung untuk dapat mencapai jarak yang lebih jauh di bandingkan dengan pemancar dengan frekuensi yang tinggi pada daya yang sama.

➤ **Gelombang panjang lebih mudah melewati penghalang**

Sebuah gelombang di air yang panjang gelombang-nya 5 meter tidak akan di hentikan oleh sebuah potongan kayu yang panjangnya 5 mm di air. Jika ada potongan kayu yang panjangnya 50 meter, misalnya kapal, maka potongan kayu tersebut akan terbawa oleh gelombang tersebut. Jarak sebuah gelombang dapat berjalan tergantung pada hubungan antara panjang gelombang dengan ukuran penghalang yang ada di jalur rambatan gelombang. Lebih sulit untuk menggambarkan gelombang bergerak “menembus” objek padat, tapi hal ini merupakan salah satu hal biasa di gelombang elektromagnetik. Gelombang dengan panjang gelombang yang panjang (atau frekuensi makin rendah) cenderung untuk dapat menembus objek lebih baik di bandingkan dengan yang panjang gelombang-nya pendek (frekuensi-nya lebih tinggi).

Sebagai contoh, radio FM (88-108MHz) dapat menembus bangunan atau berbagai halangan dengan lebih mudah. Sementara yang gelombangnya lebih rendah, seperti, handphone GSM yang bekerja pada 900MHz atau 1800MHz, akan lebih sukar untuk menembus bangunan. Memang efek ini sebagian karena perbedaan daya pancar yang digunakan di radio FM dengan GSM, tapi juga sebagian karena pendek-nya panjang gelombang di sinyal GSM.

➤ **Gelombang yang pendek dapat membawa data lebih banyak**

Semakin cepat gelombang berayun atau bergetar, semakin banyak informasi yang dapat dia bawa – setiap getaran atau ayunan dapat, contoh, digunakan untuk mengirimkan bit digital, '0' atau '1', 'ya' atau 'tidak'.

Ada sebuah prinsip yang dapat di lihat di semua jenis gelombang, dan amat sangat berguna untuk mengerti proses perambatan gelombang radio. Prinsip tersebut di kenal sebagai Prinsip Huygens, yang diambil dari nama Christiaan Huygens, seorang matematikawan, fisikawan, dan astronomer Belanda 1629 – 1695.

Bayangkan jika anda menggunakan sebuah tongkat kecil dan memasukan tongkat tersebut ke sebuah kolam yang airnya tenang, kemudian menyebabkan air bergoyang bahkan mungkin berdansa. Gelombang akan meninggalkan pusat dari tongkat – tempat anda memasukan tongkat – dalam bentuk lingkaran. Jika kita perhatikan, jika ada partikel air yang bergoyang, mereka akan menyebabkan partikel tetangga-nya untuk melakukan hal yang sama dari semua pusat perubahan, maka gelombang sirkular yang baru akan di mulai. Hal ini, dalam bentuk yang sederhana, adalah

“Prinsip Huygens adalah metoda analisis yang digunakan untuk masalah perambatan /propagasi gelombang di batasan medan jauh (far field). Prinsip Huygens memahami bahwa setiap titik dalam gelombang berjalan adalah pusat dari perubahan yang baru dan sumber dari gelombang yang lain, dan gelombang berjalan secara

umum dapat dilihat sebagai penjumlahan dari gelombang yang muncul pada media yang bergerak.

Cara pandang perambatan / propagasi gelombang yang demikian sangat membantu dalam memahami berbagai fenomena gelombang lainnya, seperti difraksi.”

Prinsip Huygens berlaku untuk gelombang radio maupun gelombang di air, maupun suara bahkan cahaya – hanya saja panjang gelombang cahaya sangat pendek sekali untuk memungkinkan manusia melihat efek Huygens secara langsung. Prinsip ini membantu kita untuk mengerti difraksi maupun zone Fresnel, yang dibutuhkan untuk “*line of sight*” (LOS) maupun kenyataan bahwa kadang-kadang kita dapat mengatasi wilayah tidak “*line of sight*”.