

PENGARUH PERFORMANSI AKIBAT INTERFERENSI PADA SISTEM BLUETOOTH DAN WLAN 802.11B

Asep Insani

Peneliti Muda

Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi Metrologi – LIPI
Gd.420, Kompleks Puspiptek, Tangerang Selatan, Banten

Email: asepinsani@kim.lipi.go.id

Diterima: 1 September 2011; Disetujui: 24 Oktober 2011

ABSTRACT

Bluetooth is a wireless technology that utilizes free frequency, 2.4 GHz ISM (Industrial, Science, Medicine) for communication PAN (Personal Area Network) such as data transfer between mobile phones. So is Wi-Fi is also a technology that uses the 2.4 GHz frequency but with a wider coverage and higher speeds than Bluetooth to a LAN (Local Area Network) such as Hotspot. Use of the same frequency causing the system Bluetooth and Wi-Fi experience interference that will cause a decrease in performance. The measurement results show Wi-Fi system began a decrease in throughput of 2.348 Mbps at a distance of 21 m from the access point. Bluetooth system has decreased the throughput of 47.914 KBps at a distance of 1 meter from the access point and the distance between Bluetooth his 50 cm.

Keywords: Bluetooth, WiFi Technology, decrease in throughput.

ABSTRAK

Bluetooth merupakan teknologi wireless yang memanfaatkan frekuensi bebas, 2,4 GHz ISM (Industrial, Science, Medicine) untuk komunikasi PAN (Personal Area Network) seperti transfer data antar handphone. Begitupun Wi-Fi juga merupakan teknologi yang menggunakan frekuensi 2,4 GHz namun dengan cakupan area yang lebih luas dan kecepatan yang lebih tinggi dari Bluetooth untuk LAN (Local Area Network) seperti Hotspot. Penggunaan frekuensi yang sama menyebabkan sistem Bluetooth dan Wi-Fi mengalami interferensi yang akan menyebabkan penurunan performansi. Hasil pengukuran menunjukkan sistem Wi-Fi mulai mengalami penurunan throughput sebesar 2,348 Mbps pada jarak 21 m dari access point. Sedangkan sistem Bluetooth mengalami penurunan throughput sebesar 47,914 KBps pada jarak 1 meter dari access point dan jarak antar Bluetooth-nya 50 cm.

Kata Kunci: Bluetooth, Teknologi WiFi, Penurunan Throughput.

PENDAHULUAN

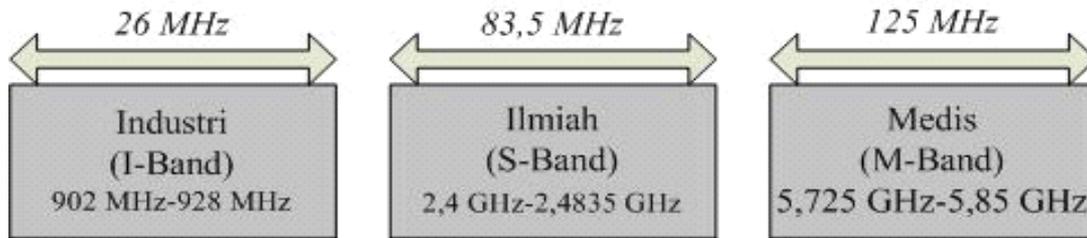
Perkembangan teknologi *wireless* semakin pesat ketika frekuensi 2,4 GHz menjadi frekuensi bebas bagi siapa saja. Frekuensi 2,4 GHz pada dasarnya diperuntukkan bagi pengembangan di bidang industri, ilmiah dan pengobatan. Selain frekuensi 2,4 GHz, ada frekuensi 5 GHz yang juga bebas digunakan tanpa meminta ijin dari lembaga manapun, namun pemanfaatannya di Indonesia tidak berkembang karena masih dibatasi. Teknologi yang memanfaatkan frekuensi 2,4 GHz diantaranya adalah Bluetooth, *Home RF* dan *Wireless LAN* atau yang lebih sering dikenal sebagai Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

Bluetooth merupakan teknologi *spread spectrum* yang memanfaatkan gelombang radio dengan frekuensi 2,4 GHz. Bluetooth hadir untuk meminimalisir kabel pada perangkat elektronik di sekitar kita. *Personal Area Network* (PAN) adalah cakupan teknologi Bluetooth, dimana teknologi ini dimanfaatkan untuk komunikasi periperal atau antar perangkat elektronik seperti *Personal Digital Assisntand* (PDA), laptop, *mouse* dan *handphone*. Jangkauan Bluetooth dan konsumsi daya bervariasi tergantung pada kelas Bluetooth yang digunakan.

WLAN (*Wireless Local Area Network*) merupakan teknologi yang memanfaatkan frekuensi radio 2,4 GHz sama

seperti Bluetooth. Interoperabilitas dari perangkat WLAN ini mengikuti standar 802.11xx dan diuji oleh *Wi-Fi Alliance*. Penggunaan Wi-Fi yang banyak digunakan di Indonesia adalah 802.11b dan 802.11g. Kampus dan perkantoran adalah tempat-tempat dimana Wi-Fi diimplementasikan. Bahkan sekarang tempat-tempat umum seperti *cafe*, *mall*, dan tempat cuci *steam* mobil pun tidak ketinggalan untuk menyediakan fasilitas yang disebut dengan *hotspot*. Biasanya daerah *hotspot* dibangun untuk akses internet bagi penggunaannya. Jangkauan dan kecepatan WLAN ini lebih jauh dari pada Bluetooth.

Banyaknya perangkat elektronik yang menggunakan Bluetooth dan tempat yang menyediakan layanan Wi-Fi memungkinkan kedua sistem komunikasi tersebut bekerja secara bersamaan dan dalam area yang sama. Kondisi ini terjadi seperti ketika sebuah kantor menyediakan area Wi-Fi dan menggunakan *printer* Bluetooth. Masalah yang timbul dan kurang disadari oleh banyak orang adalah Bluetooth dan Wi-Fi menggunakan frekuensi yang sama, sehingga sangat mungkin terjadi interferensi antar kedua sistem ini ketika sedang bekerja secara bersamaan. Pengaruh dari interferensi tersebut berakibat pada penurunan performansi dari kedua sistem tersebut seperti kecepatannya atau *throughput*. Pengaruh interferensi



Gambar 1. Alokasi frekuensi dari FCC untuk ISM Band

ini cukup menarik untuk dipahami dan dicari solusinya

Teknologi *Wireless* dan Frekuensi 2,4 GHz

Penggunaan kabel untuk menghubungkan *personal computer* (PC), modem atau *printer* ternyata menimbulkan kesemerawutan dan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu munculah gagasan untuk meminimalisir kabel dengan biaya instalasi yang murah. Teknologi *Wireless* atau nirkabel hadir sebagai jawaban atas masalah-masalah tersebut. Dengan munculnya teknologi *nirkabel* hubungan antara perangkat elektronik diperkantoran atau ruang rapat menjadi lebih rapi dan kesulitan untuk mencabut kabel-kabel tidak terjadi lagi. Ciri dari teknologi ini adalah desain yang minimalis dari perangkatnya. Teknologi *wireless* ini memanfaatkan gelombang radio atau cahaya untuk merambatkan informasi di udara.

Perkembangan teknologi *wireless* semakin pesat ketika pada tahun 1985, FCC (*Federal Communication Comisi*) dan badan lainnya yang serupa

memberikan sebagian pita frekuensi untuk digunakan secara bebas tanpa lisensi yaitu pita frekuensi 2,4 GHz. Menurut Sumono, 2004, pita frekuensi ini disebut *Industrial, Science dan Medical Band* (ISM). Tujuannya diberikan pita bebas ini adalah untuk merangsang pertumbuhan teknologi *wireless* di bidang tersebut. Pita frekuensi ini mempunyai rentang masing-masing seperti gambar 1.

Perkembangan produk-produk teknologi yang memanfaatkan frekuensi 2,4 GHz sangat pesat dan penuh variasi. Bluetooth, *Home RF*, dan *Wireless LAN* adalah teknologi yang memanfaatkan frekuensi bebas tersebut. Bebasnya penggunaan frekuensi 2,4 GHz tersebut tentunya mempunyai keterbatasan seperti lebar pita yang hanya 80 MHz dan daya yang dibolehkan maksimal 1 Watt. Sebagian besar dari teknologi 2,4 GHz menggunakan metode *spread spectrum* yaitu memanfaatkan *band* frekuensi yang lebar dengan daya yang rendah. Pengaturan standar *wireless* adalah melalui komite intitusi perekaayasa elektro dan elektronika yaitu: " *Institute of Electrical and Elec-*

tronic Engineers (IEEE)” yang membahas persyaratan jangkauan, *throughput*, prosedur, dan media transmisi. Pada tabel 1 berikut standar beberapa teknologi *wireless* yang sudah ada (Walke, 2006).

Tabel 1. Standar Komunikasi Data *Wireless*

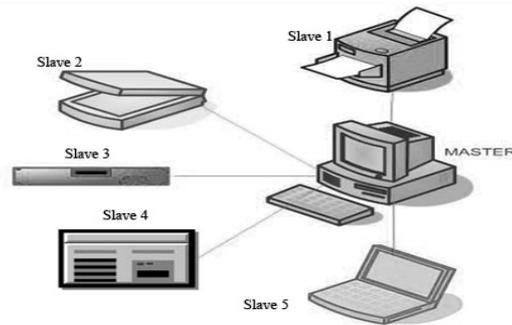
Standar	Physical Layer	Medium Acces Control	Throughput (Mbps)
IEEE 802.11	FHSS	CSMA/CA	1 atau 2
IEEE 802.11 b	DSSS	CSMA/CA	11
IEEE 802.11 a	OFDM	CSMA/CA	54
HomeRF	FHSS	CSMA/CA	1
Bluetooth	FHSS	Central Resource Control/TDMA	1

Teknologi Bluetooth

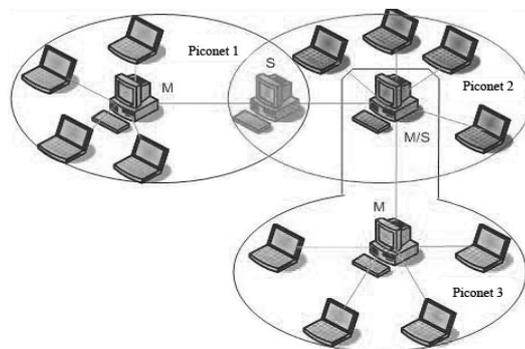
Awal perkembangan teknologi Bluetooth disponsori oleh 5 perusahaan yaitu Ericsson, IBM, Intel, Nokia dan Toshiba yang membentuk *Special Interest Group*. Dan saat ini ada lebih dari 1800 perusahaan baru diberbagai bidang yang ikut bergantung dalam sebuah konsorsium sebagai *adaptor* teknologi Bluetooth. Versi 1.0 muncul pada Juli 1999 dan sekarang sudah ada versi 2.0. Sistem Bluetooth sangat kompleks karena mendukung banyak profil atau layanan.

Model jaringan yang umum pada Bluetooth adalah jaringan *ad hoc*. Dalam jaringan *ad hoc* ini konfigurasi jaringan tidak tetap. Piranti yang membuat dan mengatur perubahan atau sinkronisasi jaringan adalah *master* sedangkan yang mengikuti

sinkronisasi adalah *slave*-nya. Teknologi Bluetooth bisa membuat suatu jaringan personal yang disebut *piconet* atau jaringan pico. Dalam satu *piconet* terdiri dari 1 *master* dan maksimal 7 *slave* dengan layanan yang korespondensi (Siyamta,2005). Dan *piconet* ini bisa berhubungan dengan *piconet* lain yang biasa disebut dengan *scatternet* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 2. *Piconet* Bluetooth



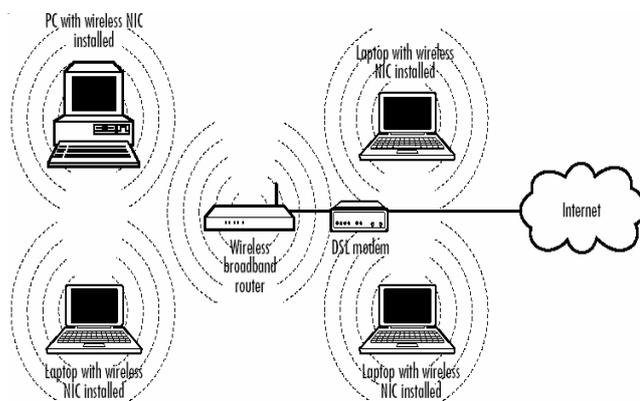
Gambar 3. *Scatternet* Bluetooth

Sedangkan karakteristik utama dari teknologi Bluetooth diantaranya adalah memiliki kecepatan data yang rendah dengan kecepatan data kasar 1 Mbps. Jika memperhitungkan protokol *overhead*-nya kecepatan Bluetooth hanya 780 kbps yang merata

keseluruh piranti dalam *piconet*, sedangkan transfer asimetriknya adalah 721 kbps untuk *upload*-nya sedangkan untuk *download*-nya 57,6 kbps dan 432,6 kbps untuk transfer simetriknya (Siyamta,2005).

Tabel 2. Karakteristik Utama Teknologi Bluetooth

Karakteristik	Deskripsi
<i>Physical Layer</i>	<i>Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)</i>
<i>Hop Frequency</i>	1.600 hop/detik
Kecepatan data	1 Mbps (<i>raw</i>)
<i>Throughput</i>	~ 720 kbps
<i>Transmitter :</i>	
Frekuensi	ISM band, 2400 - 2483.5 MHz (mayoritas), untuk beberapa negara mempunyai batasan frekuensi sendiri, spasi kanal 1 MHz
Daya Output Maksimum	Daya kelas 1 : 100 mW (20 dBm), kelas 2 : 2.5 mW (4 dBm), kelas 3 : 1 mW (0 dBm)
Modulasi	GFSK (<i>Gaussian Frequency Shift Keying</i>), Bandwidth Time : 0,5, Indeks Modulasi : 0.28 sampai dengan 0.35
<i>Receiver :</i>	
Level Sensivitas	-70 dBm pada BER 0,1%
Level Maksimum yang Diterima	-20 dBm, BER : 0,1%
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanpa kabel, ▪ Sinyal dapat menembus tembok/halangan, ▪ Biaya relatif murah, berdaya rendah, dan ▪ <i>Hardware</i> yang relatif kecil.
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kemungkinan terjadinya interferensi dengan teknologi lain yang menggunakan ISM band, ▪ Kecepatan data relatif rendah, dan ▪ Sinyal yang lemah di luar batasan.



Gambar 4. Infrastruktur jaringan dan Ad Hoc BSS

Topologi Wireless LAN

Secara umum topologi Jaringan WiFi dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar yaitu BSS (*Basic Service Set*) dan ESS (*Extended Service Set*). BSS terbagi menjadi dua yaitu *Independent Basic Service Set* disebut juga jaringan *ad-hoc* dan *Infrastruktur Basic Service Set*. Pada mode *ad-hoc* antar komputer saling berkomunikasi secara langsung dan tidak memerlukan *access point*, sedangkan pada mode infrastruktur melalui *wireless access point*. Dalam jaringan mode infrastruktur, *wireless ethernet* segmen dapat dengan mudah ditambahkan pada *wired network* untuk membuat integrasi *wired* dan *wireless network*.

1. BSS (*Basic Service Set*)

Ad-hoc wireless network merupakan pilihan konfigurasi jaringan yang murah dan fleksibel. Jaringan Wi-Fi mode *ad-hoc* secara keseluruhan berbentuk *wireless*. Tiap *workstation* terhubung *peer to peer* terhadap *workstation* yang lain. Pada mode *ad-hoc* antar komputer saling berkomunikasi secara langsung dan tidak memerlukan akses *point* (Golmie, 2002). Contoh *independent* dan *infrastruktur basic service set* dapat dilihat pada gambar 4.

2. ESS (*Extended Service Set*)

ESS merupakan suatu jaringan yang terdiri dari kumpulan

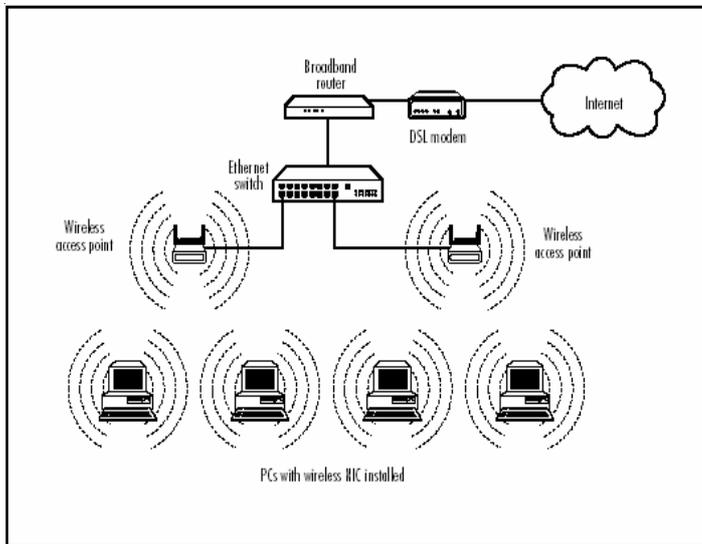
jaringan infrastruktur BSS yang saling terhubung melalui *Distribution System* (DS). Sebuah jaringan dalam mode infrastruktur bergantung pada hubungannya dengan *access point*. Masing-masing *workstation* saling berkomunikasi melalui *access point* bukan secara langsung dengan *workstation* yang lain. Pada mode ini sekuritas menjadi hal yang sangat

penting. Contoh mode ESS (*Extended Service Set*) (Golmie, 2002).

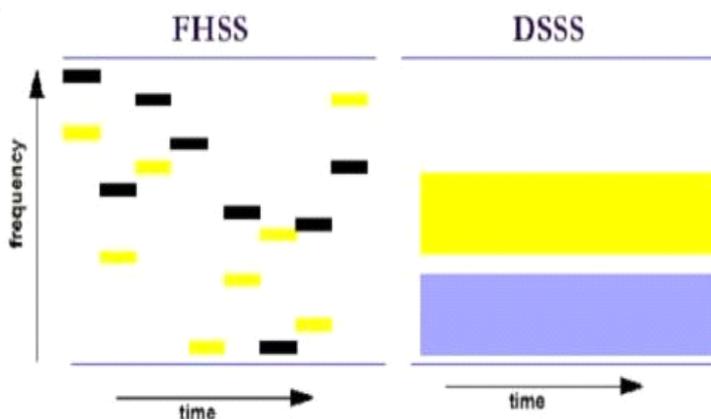
Membanjirnya piranti 802.11b dan Bluetooth dibandingkan teknologi RF lain di pasaran mengundang konsekuensi bagi keduanya untuk beroperasi dalam area dan waktu yang sama. Hal ini dapat menimbulkan saling

ganggu antara dua sistem komunikasi tersebut karena pemakaian spektrum frekuensi yang sama walaupun keduanya menggunakan metode transmisi yang berbeda. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa Bluetooth dan 802.11b tidak dapat saling mengerti dan mengikuti aturan yang sama. Sinyal radio Bluetooth bisa secara gegabah memulai transmisi data saat pemancar 802.11 mengirim sebuah frame. Hal tersebut menyebabkan benturan sehingga pemancar 802.11 harus mengirim ulang frame. Walaupun kedua sistem ini menggunakan metode transmisi yang berbeda yaitu FHSS pada Bluetooth dan DSSS pada Wi-Fi, hal tersebut tidak bisa menjadi acuan untuk tidak terjadi interferensi.

Karena besarnya kemungkinan terjadinya benturan,



Gambar 5. Jaringan ESS (*Extended Service Set*)



Gambar 6. Probabilitas Terjadinya Interferensi

performa jaringan 802.11b dan Bluetooth menjadi turun. Pemancar 802.11 secara otomatis menurunkan kecepatan data dan mengirim ulang frame saat terjadi benturan. Oleh karena itu, protokol 802.11b mengirim *delay* saat terjadi interferensi Bluetooth. Dampak yang diakibatkan interferensi RF tergantung pada penggunaan dan dekatnya perangkat-perangkat Bluetooth. Interferensi hanya akan terjadi jika perangkat Bluetooth dan 802.11b melakukan pengiriman dalam waktu yang sama.

METODOLOGI PENELITIAN

Hasil studi yang dilakukan oleh Mobilian Corporation pada tahun 2001 menunjukkan adanya penurunan performansi dari 802.11b ketika piranti Bluetooth ada disekitarnya (Mobilian Corporation, 2001). Performansi dari 802.11b yang diteliti oleh Mobilian Corporation adalah *throughput* dari 802.11b. Dalam penelitian yang berjudul “Wi-Fi™ (802.11b) and Bluetooth™: An Examination of Coexistence Approaches” tersebut probabilitas terjadinya benturan antara Bluetooth dan Wi-Fi saat bekerja bersamaan adalah 55%. Selain penelitian yang dilakukan oleh Mobilian Corporation, Per Haglund dan Kristian Garder juga melakukan penelitian tentang interferensi antara Bluetooth dan Wi-Fi. Perbedaan kedua penelitian tersebut adalah Mobilian fokus pada pengaruh

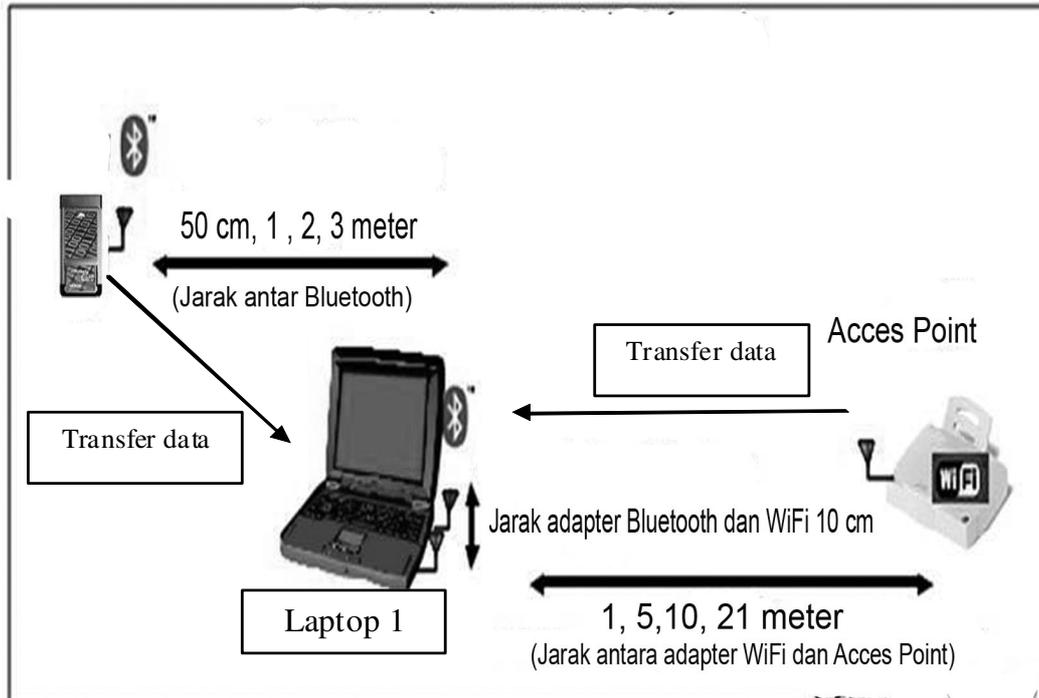
interferensi terhadap performa Wi-Fi sedangkan kedua peneliti di atas fokus pada pengaruh interferensi terhadap Bluetooth dengan probabilitas 22%. Penelitian Haglund, 2001 ini dilakukan pada bulan September tahun 2001 dengan judul “*Bluetooth Software and Hardware Development*”

Pada penelitian ini memiliki perbedaan dari dua penelitian di atas. Pertama, kedua penelitian di atas dilakukan pada tahun 2001 dimana keadaan teknologi Bluetooth dan Wi-Fi pada tahun tersebut berbeda dengan tahun 2011. Dari perbedaan tersebut, penelitian ini ingin melihat apakah ada perbedaan hasil penelitian dengan versi teknologi yang semakin baik seperti pada tahun 2011, teknologi Bluetooth sudah muncul versi 2 yang memiliki *throughput* maksimal 3 Mbps yang sebelumnya hanya 1 Mbps. Kedua, pada penelitian sebelumnya hanya mengamati pengaruh interferensi pada satu sistem saja, Bluetooth atau Wi-Fi-nya saja, sedangkan penelitian ini melihat pengaruh interferensi pada kedua sistem tersebut. Ketiga, parameter performansi ketika terjadi intereferensi pada penelitian ini ada tiga yaitu *delay*, *packet loss* dan *throughput* sedangkan pada penelitian sebelumnya hanya *throughput* yang menjadi parameteranya.

Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan pengukuran *throughput*

pada WiFi dan bluetooth dengan tahapan sebagai berikut:

1. Tahap pertama diukur *throughput* WiFi ketika melakukan transfer data dalam variasi jarak yaitu 1, 5, 10, 21 meter antar adapter Wi-Fi (laptop 1) dan *access point*. Pencatatannya dilakukan setiap 1 menit sebanyak lima kali pada setiap jarak. Hasil pengukuran tahap pertama ini untuk dijadikan acuan pada hasil pengukuran tahap ketiga.
2. Tahap kedua diukur *throughput* Bluetooth dalam melakukan transfer data dari *handphone* ke laptop. Pencatatan *throughput*-nya dilakukan sebanyak lima kali dalam setiap variasi jarak yaitu 50 cm, 1, 2, 3 meter antara *master* (laptop 1) dan *slave* (*handphone*). Tahap kedua ini juga dilakukan sebagai bahan acuan terhadap hasil pengukuran tahap ketiga.
3. Tahap ketiga dilakukan transfer *via* Bluetooth dan Wi-Fi secara bersamaan dengan kombinasi jarak *access point* ke laptop 1 dan laptop 1 ke *handphone*. Jadi, transfer data dari *access point* ke laptop 1 *via* Wi-Fi dilakukan bersamaan ketika transfer data *via* Bluetooth antara *handphone* ke laptop 1 terjadi. Gambar 7 menjelaskan skenario pengukurannya.



Gambar 7. Skenario Pengukuran *Throughput* Bluetooth dan WiFi

HASIL DAN ANALISA

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan *throughput* pada sistem Bluetooth dan Wi-Fi ketika keduanya bekerja dalam waktu dan tempat yang sama. *Throughput* awal pada tabel 4.5 menunjukkan *throughput* pada Wi-Fi sebelum ada Bluetooth sesuai dengan tahap pertama skenario ketiga. Pada tabel 3 juga, kolom *throughput* pada jarak antar Bluetooth menunjukkan *throughput*

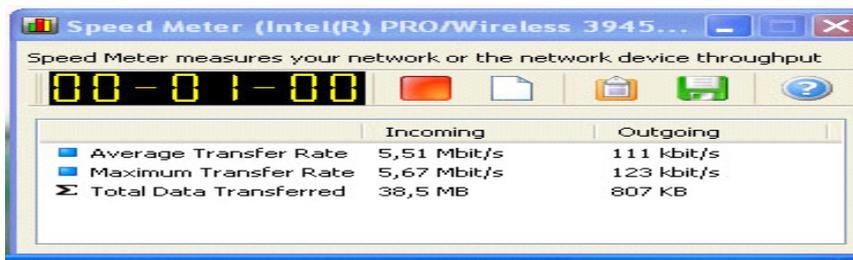
Wi-Fi saat ada Bluetooth disekitarnya dengan variasi jarak seperti pada tabel tersebut. *Throughput* awal pada tabel 4 menunjukkan *throughput* awal Bluetooth sebelum ada Bluetooth disekitarnya, sedangkan kolom *throughput* pada jarak *access point* menunjukkan *throughput* Bluetooth pada saat ada *access point* disekitarnya dengan variasi jarak *access point*. *Throughput* pada tabel 3 dan 4 adalah hasil rata-rata dengan perhitungan.

Tabel 3. Perbandingan *Throughput* awal Wi-Fi dengan saat ada Bluetooth

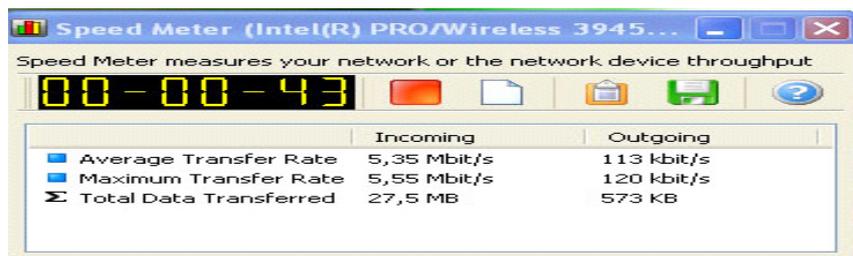
Jarak <i>Access Point</i> (m)	Rata-rata <i>throughput</i> awal (Mbps) (Sebelum ada Bluetooth)	Rata-rata <i>throughput</i> pada jarak antar Bluetooth (Mbps)			
		0,5 m	1 m	2 m	3 m
1	5,498	5,484	5,41	5,428	5,466
5	5,536	5,41	5,484	5,472	5,456
10	5,486	5,4	5,334	5,43	5,442
21	5,466	5,466	5,456	5,472	3,14

Tabel 4. Perbandingan *Throughput* awal Bluetooth dengan saat ada Wi-Fi

Jarak Bluetooth (m)	Rata-rata <i>throughput</i> awal (KBps) (Sebelum ada Wi-Fi)	Rata-rata <i>throughput</i> pada jarak <i>access point</i> (KBps)			
		1 m	5 m	10 m	21 m
0,5	134,672	86,75	107,082	125,838	108,444
1	96,454	33,12	40,892	77,772	78,444
2	81,546	36,71	31,932	51,78	62,23
3	90,466	20,00	29,196	19,27	40,73

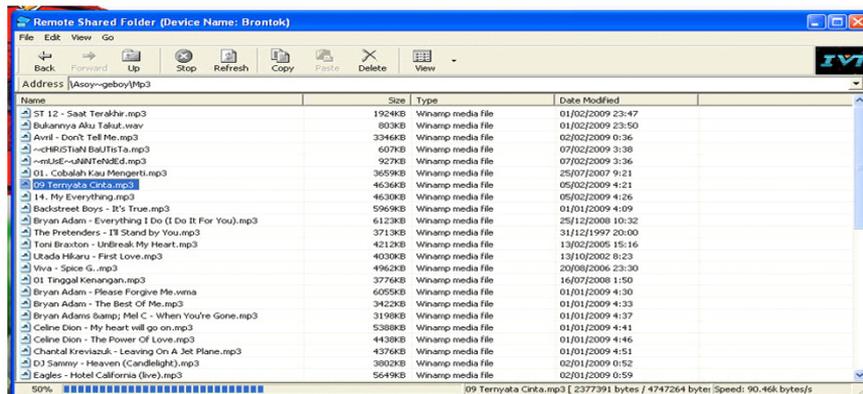


Throughput Awal Wi-Fi

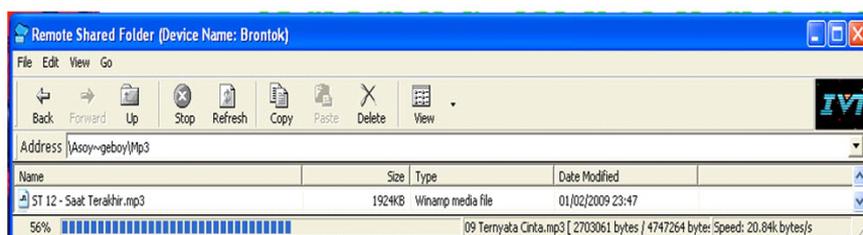


Throughput Wi-Fi saat ada Bluetooth

Gambar 8. Perbandingan *Throughput* awal Wi-fi dengan saat ada Bluetooth pada Jarak Access point 21 meter

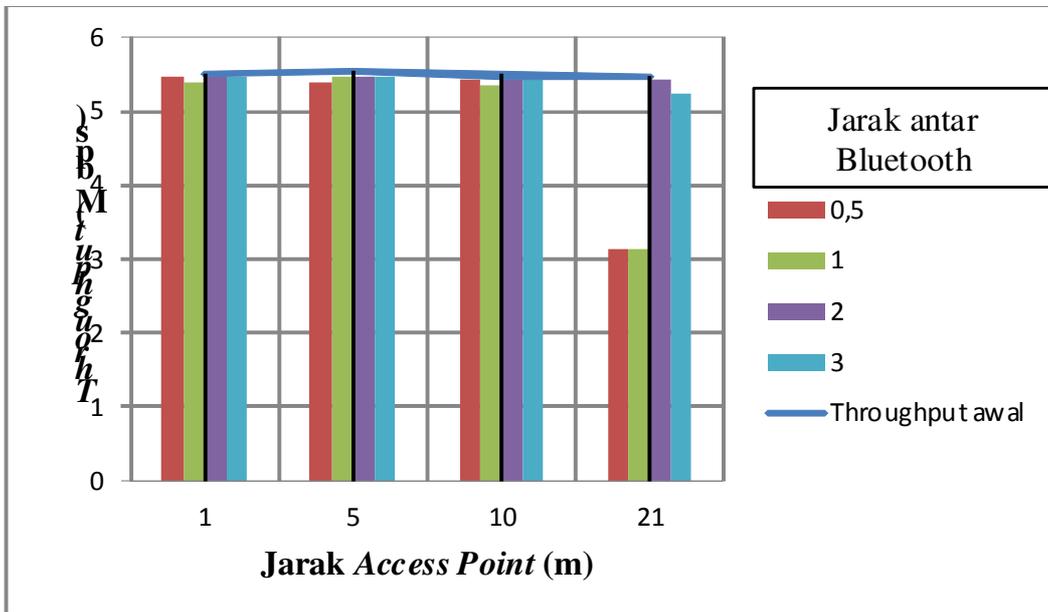


Throughput Awal

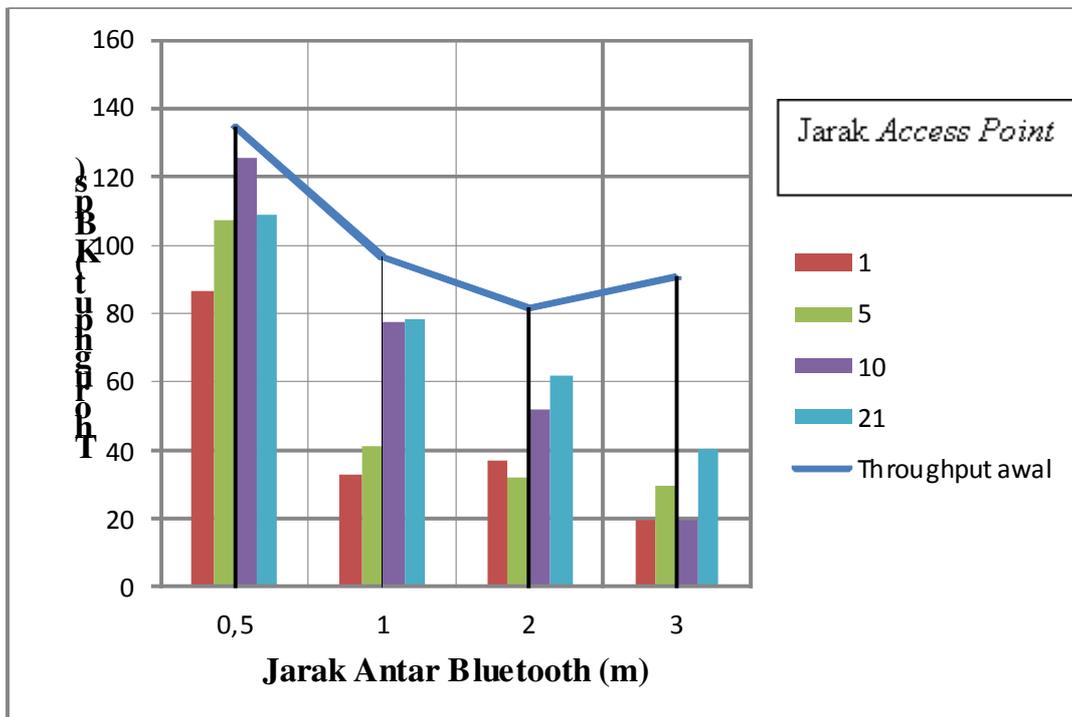


Throughput saat ada Wi-Fi

Gambar 9. Perbandingan *Throughput* awal Bluetooth dengan saat ada Wi-Fi



Gambar 10. Grafik Perbandingan *Throughput* awal Wi-Fi dengan saat ada Bluetooth



Gambar 11. Grafik Perbandingan *Throughput* awal Bluetooth dengan saat ada Wi-Fi

Dari grafik gambar 10 menunjukkan *throughput* awal Wi-Fi untuk transfer data besarnya konstan untuk setiap jarak dari *access point*-nya dan bisa dilihat juga *throughput* Wi-Fi praktis tidak mengalami perubahan pada setiap jarak *access point* ketika ada Bluetooth di sekitarnya. Penurunan *throughput* Wi-Fi yang terjadi ketika jarak dengan *access point*-nya 21 meter dengan jarak Bluetooth-nya 50 cm dan 1 meter. Dari grafik gambar 11 *throughput* awal Bluetooth mengalami penurunan sesuai jarak antar Bluetooth-nya dengan nilai terendah pada jarak antar Bluetooth-nya 3 meter. Pengaruh kehadiran Wi-Fi terjadi hampir di setiap jarak dengan *access point* dan setiap jarak antar Bluetooth-nya. Penurunan *throughput* terbesar ketika jarak antar Bluetooth-nya 3 meter. Grafik gambar 10 dan 11 menunjukkan bahwa ketika kedua sistem komunikasi ini melakukan transfer data secara bersamaan maka penurunan *throughput* terbesar terjadi pada Bluetooth hampir di setiap jarak.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan yaitu:

1. Pemakaian spektrum frekuensi yang sama antara sistem Bluetooth dan Wi-Fi menyebabkan kedua sistem tersebut mengalami interferensi satu sama lain.
2. Pengaruh interferensi pada performansi sistem Bluetooth saat sistem Wi-Fi hadir disekitarnya sangat signifikan ketika jarak antar Bluetooth-nya semakin jauh dengan jarak minimumnya 5 m pada metode *ping test* dan pada jarak 1 meter ketika melakukan transfer data.
3. Pada sistem Wi-Fi (WLAN 802.11b) pengaruh interferensi dari Bluetooth kehadiran yang signifikan terjadi pada jarak *access point*-nya 10 meter pada metode *ping test* dan tidak mengalami penurunan *throughput* yang berarti ketika melakukan transfer data.
4. Pengaruh interferensi bisa diminimalisir dengan cara pengaturan jarak antar perangkat Bluetooth ataupun adapter Wi-Fi dengan *access point* ketika keberadaan kedua sistem tersebut dalam area yang sama tidak bisa dihindari lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Kepala Sub Bidang Instrumentasi Industri KIM LIPI yang telah memberikan dukungan sehingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Golmie, N. (2002). *Interference Evaluation of Bluetooth and IEEE 802.11b*

- Systems*. Nationale Institute of Standards and Technology.
- Haglund, P. (2001). *Bluetooth Software and Hardware Development*. London: University of London.
- Mobilian Corporation. (2001). *Wi-Fi (802.11b) and Bluetooth: An Examination of Coexistence Approaches*. Oregon: Mobilian Corporation.
- Siyamta. (2005). *Pengantar Teknologi Bluetooth*. IlmuKomputer.com.
- Walke, B. (2006). *IEEE Wireless System*. Germany: RWTH Aachen University.

