

## PERANCANGAN DAN REALISASI PEMANFAATAN TEKNOLOGI BLUETOOTH SEBAGAI SWITCHING UNTUK APLIKASI RUMAH PINTAR

Djoko Kurnia Putra<sup>1</sup>, M.Ary Murti<sup>2</sup>, Achmad Rizal<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom  
Jl. Telekomunikasi no 1 Dayeuh Kolot, Bandung 40257

Telp/fax. 022-7565931/7565933

E-mail: angka@weezer.org<sup>1</sup>, mam@stttelkom.ac.id<sup>2</sup>, arz@stttelkom.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAKSI

Pada paper ini akan dipaparkan tentang penggunaan teknologi Bluetooth untuk mengendalikan berbagai perangkat rumah tangga. Sistem yang dibangun terdiri dari handphone dengan fasilitas Bluetooth sebagai pengendali, handphone dengan fasilitas Bluetooth sebagai penerima yang terhubung dengan sebuah PC sebagai server, dan perangkat berbasis mikrokontroler yang terhubung dengan serial port PC sebagai antarmuka untuk mengendalikan perangkat rumah tangga yang diinginkan. Perintah untuk mengoperasikan perangkat rumah tangga dikirim oleh HP di bagian pengirim melalui Bluetooth, diterima oleh HP yang terhubung dengan PC kemudian perintah tersebut diteruskan ke perangkat yang diinginkan melalui sistem mikrokontroler. Sistem yang dibangun telah dapat berfungsi dengan baik dengan delay yang masih terlalu besar. Perlu penyempurnaan dari segi keamanan untuk meningkatkan performa dari sistem yang dibangun

**Kata kunci:** Bluetooth, Pengendali otomatis, mikrokontroler.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, progress dari *microelectronics* dan teknologi *Very Large Scale Integrated* (VLSI) telah membantu perkembangan penggunaan secara luas pemakaian untuk komputasi dan perangkat komunikasi secara komersial. Kesuksesan produk seperti *PC*, *Laptop*, *PDA*, telepon selular, dan peralatan lain, juga disebabkan telah tereduksinya segi biaya dan ukuran. Transfer informasi antar perangkat tersebut juga sudah tidak mengandalkan kabel. Sebuah *interface* radio universal telah dikembangkan, yang memungkinkan perangkat elektronik untuk berkomunikasi secara nirkabel melalui koneksi khusus radio jarak pendek (radio *ad-hoc*). Teknologi Bluetooth, yang telah mendapat dukungan dari vendor terkemuka seperti Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba, Intel dll, telah mengeliminasi penggunaan kabel dan konektor pendukung lainnya antara *cordless*, telepon selular, *headset*, *PDA*, komputer, *printer*, proyektor dan perangkat lain. Teknologi Bluetooth memungkinkan untuk mendesain komunikasi radio yang berdaya rendah, berukuran kecil, dan biaya murah, yang dapat diintegrasikan dengan perangkat *portable* yang sudah ada. Pemanfaatan teknologi Bluetooth untuk komunikasi antar perangkat elektronik berkembang cukup pesat. Transfer data antara komputer dengan printer, komputer dengan telepon selular atau komputer dengan komputer dalam suatu *Local Area Network* tidak lagi memanfaatkan kabel, tetapi menggunakan teknologi Bluetooth dengan berbagai macam kelebihannya.

Alasan pemanfaatan teknologi Bluetooth sebagai pengontrol perangkat rumah tangga karena kebutuhan akan pengontrolan perangkat elektronik rumah tangga secara terpusat dan serba otomatis

akan menambah kenyamanan pemilik rumah tersebut. Dengan mengoperasikan aplikasi yang terdapat pada komputer atau telepon selular, maka semua perangkat elektronik yang terhubung dapat dipantau. Disamping itu, adanya proses *handshaking* antara komputer dan Bluetooth secara manual akan menambah tingkat keamanan pada rumah tersebut, karena hanya *handphone* yang telah teregistrasi pada *server* saja yang dapat melakukan kontrol.

### 2. TEORI

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang teori dan arsitektur teknologi Bluetooth.

#### 2.1 Spektrum Radio

Bluetooth merupakan radio jarak pendek, menggunakan protokol, dan beroperasi di frekuensi 2,4GHz dari spektrum RF. Bluetooth didesain untuk menghubungkan perangkat yang berdaya rendah dengan jarak kurang lebih 10meter dan mempunyai data transfer sebesar 1Mbps.

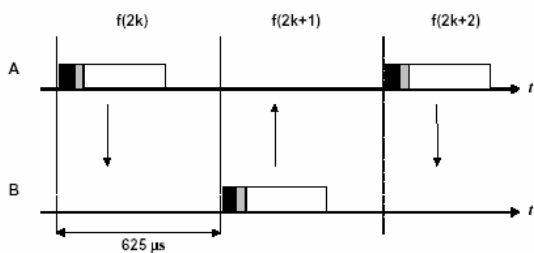
#### 2.2 Interference Immunity

*Immunity* interferensi dapat didapatkan dari interferensi *suppression* atau interferensi *avoidance*. *Suppression* dapat dihasilkan dengan *coding* atau dengan *direct sequence spreading*. Harus diperhitungkan juga perbandingan jarak dan perbedaan daya dari *transmitter* yang tidak terkoordinasi, perbandingan *near-far* dalam *excess* 50dB.

#### 2.3 Skema Akses Jamak

Bluetooth berdasarkan pada FH-CDMA. pada *band* 2.45GHz ISM, satu set dari 79 frekuensi *carrier hop* telah didefinisikan dengan spasi 1MHz. Kanal Bluetooth adalah kanal *hopping* dengan waktu

hop nominal 625µs. Juga didefinisikan sejumlah besar *pseudo-random hopping sequences*. Sequence khusus dideterminasi oleh *unit* yang mengontrol kanal FH yang juga disebut *master*. *Native clock* dari *master unit* juga mendefinisikan fasa pada *hopping sequences*. *Participant* lain pada kanal *hopping* merupakan *slave*. Mereka menggunakan identitas *master* untuk memilih *hopping sequence* yang sama dan menambahkan waktu *offset* ke masing-masing *native clock* untuk mensinkronkan frekuensi *hopping*.



**Gambar 1.** Ilustrasi dari kanal FH/TDD yang diaplikasikan pada Bluetooth

## 2.4 Skema Modulasi

Sistem Bluetooth beroperasi pada frekuensi 2,4GHz. Spektrum frekuensinya berkisar antara 2400MHz dan 2483,5MHz. Pada frekuensi tersebut terdapat 79kanal RF yang memiliki spasi 1MHz dan diberikan nomor kanal *k* sebagai

$$f = 2402 + k \text{ MHz}, \quad k = 0, 1, \dots, 78 \quad (1)$$

Dari persamaan tersebut terdapat 2MHz *guard band* bawah dan 3,5MHz *guard band* atas.

Untuk memodulasikan sinyal Bluetooth,  $s(t)$ , sistem Bluetooth menggunakan *Gaussian Frequency Shift Keying* (GMSK).  $S(t)$  dapat direpresentasikan sebagai

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \left( \cos 2\pi f_c t + \frac{a_n h(t-nT)}{T} + \theta \right) \quad nT \leq t < (n+1)T \quad (2)$$

dimana  $E_s$  adalah energi sinyal,  $T$  adalah durasi simbol,  $f_c$  adalah frekuensi *carrier*,  $h$  adalah indeks modulasi (untuk Bluetooth,  $h = 0.32 \pm 1\%$ ),  $a_n$  adalah data bit dan  $\theta$  adalah pergeseran fasa konstan. Untuk mendapatkan modulasi GMSK,  $s(t)$  difilter melalui  $g(t)$  yaitu

$$g(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma T}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2 T^2}} \quad \text{dengan} \quad \sigma = \frac{\sqrt{\ln 2}}{2\pi BT} \quad (3)$$

dimana  $T$  adalah durasi simbol dan  $BT$  (*bandwidth* perioda bit) mengatur *bandwidth* pada filter. Pada aplikasi Bluetooth  $BT = 0.5 \pm 1\%$

## 2.5 Medium Access Control

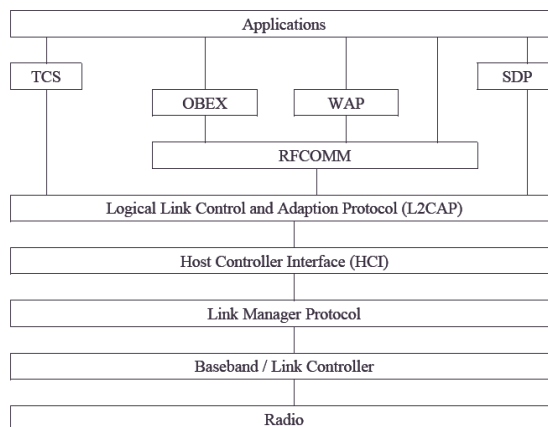
Bluetooth telah didesain untuk memperbolehkan kanal yang independent dalam jumlah besar, yang masing-masing kanal hanya melayani *user* dalam jumlah yang terbatas. Dengan mempertimbangkan skema modulasi, sebuah kanal FH pada band ISM hanya mendukung sebuah *gross bit rate* 1Mbps.

## 2.6 Packet-based Communications

Sistem bluetooth menggunakan transmisi berdasarkan paket, *stream* informasi di fragmentasi menjadi paket-paket. Di setiap *slot*, hanya paket tunggal yang dapat dikirim. Semua paket memiliki format yang sama, dimulai dengan *access code*, diikuti dengan *packet header* dan diakhiri oleh *user payload*.

## 2.7 Bluetooth Protocol Stack

Untuk perangkat yang ingin mendukung Bluetooth, perangkat tersebut harus mampu melayani baik perangkat keras pendukung (seperti *RF transmitter*), maupun *software* pendukung untuk mengimplementasikan *protocol* Bluetooth dan mengontrol perangkat keras Bluetooth secara terprogram. *Software* tersebut dikenal dengan *Bluetooth Protocol Stack*. *Bluetooth Protocol Stack* secara langsung dianalogikan dengan *protocol stack* komunikasi yang sudah familiar seperti HTTP atau WAP.

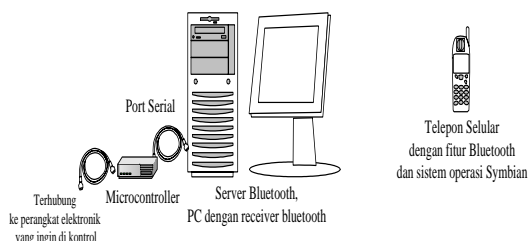


**Gambar 2.** Bluetooth Protocol Stack

## 3. PERANCANGAN SISTEM

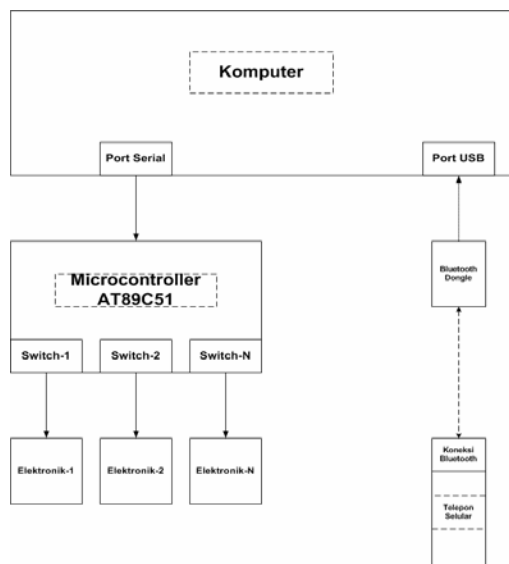
### 3.1 Perancangan Umum Sistem

Secara umum, blok perangkat terdiri dari tiga bagian, yaitu telepon selular sebagai pengendali jarak jauh menggunakan koneksi Bluetooth, kemudian komputer yang berfungsi sebagai *server* Bluetooth yang menerima pesan yang dikirimkan telepon selular, dan yang ketiga adalah mikrokontroler yang terhubung dengan *server* melalui port serial akan berfungsi sebagai sakelar yang akan mengakses perangkat elektronik. Penggunaan mikrokontroler disini karena direncanakan akan mengakses perangkat elektronik rumah secara keseluruhan.



**Gambar 3.** Blok Perangkat

Berdasarkan blok perangkat diatas, maka blok diagram perancangan sistem secara keseluruhan akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu telepon selular, komputer, dan mikrokontroler, seperti tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

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

1. Telepon selular, telepon selular ini berfungsi sebagai pengendali jarak jauh untuk perangkat elektronik. Perintah akan dikirimkan dari aplikasi Java Bluetooth pada telepon selular ke komputer menggunakan koneksi Bluetooth.
2. Komputer, berfungsi sebagai *server* Bluetooth yang akan menerima dan mengolah pesan yang dikirim oleh telepon selular.
3. Mikrokontroler, berfungsi sebagai sakelar, dan akan mengolah perintah yang diberikan oleh komputer dan mengaktifkan sakelar sesuai dengan perintah.

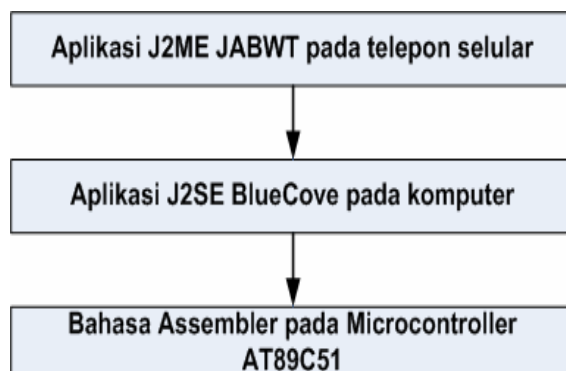
### 3.2 Perancangan Software

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak akan terbagi menjadi tiga bagian berdasarkan blok perangkat sistem secara keseluruhan. Pembagian tersebut antara lain aplikasi J2ME JABWT pada telepon selular sebagai pengendali jarak jauh, kemudian aplikasi J2SE BlueCove pada komputer sebagai *server* Bluetooth, dan bahasa assembler pada mikrokontroler untuk akses perangkat elektronik. (lihat Gambar 5).

### 3.3 Perancangan Perangkat keras

Perancangan perangkat keras disini merupakan perancangan mikrokontroler yang berfungsi

mengeksekusi perintah dari komputer. Mikrokontroler tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram blok perangkat lunak pada sistem

1. AT89C51, dengan tegangan  $V_{cc}=5\text{Volt}$ , dan  $F_{clock}=11\text{Mhz}$
2. ULN2003, penguat arus dengan arus beban maksimum 500mA.
3. MAX232, untuk mengkonversi tegangan TTL dan RS232, dan sebaliknya.
4. Relay DC, dengan tegangan koil 12Volt DC, dan arus 20-30mA.

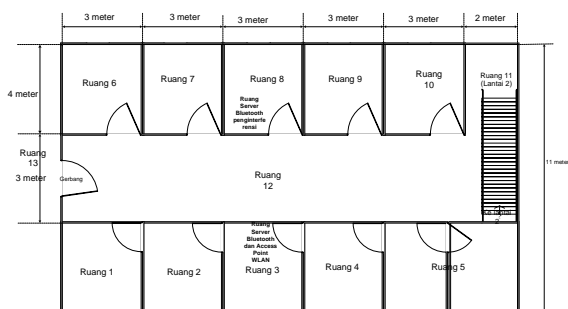
Prinsip kerja mikrokontroler ini sebagai komunikasi serial dengan komputer dan kemudian mengakses *relay* ke-n sesuai dengan perintah yang diterima. Transisi penghubung antara mikrokontroler dengan komputer adalah *interface* MAX232, dimana MAX232 dapat mengkonversi tegangan TTL dan RS232, atau sebaliknya. Perintah yang dikirim oleh komputer ke mikrokontroler sesuai dengan yang diterima komputer dari koneksi Bluetooth dengan telepon selular. Perintah yang diterima oleh mikrokontroler kemudian diperiksa untuk mengetahui *relay* mana yang diakses. *Relay* berfungsi sebagai *switch* untuk menghidupkan atau mematikan perangkat elektronik. *Relay* yang digunakan memiliki tegangan koil 12Volt DC dan arus sekitar 20-30 mA, sehingga *relay* tersebut tidak dapat langsung terhubung dengan AT89C51 karena arus yang dihasilkan tidak cukup besar untuk mengaktifkan *relay*. Solusinya digunakan ULN2003 sebagai penguat arus. ULN2003 dapat dibebani arus sampai dengan 500mA serta pada rangkaiannya dilengkapi *supression diode* yang berfungsi mencegah tegangan balik saat *relay* dimatikan (tegangan transisi pada koil *relay*)

## 4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 4.1 Pengukuran delay koneksi Bluetooth antara client dan server

Pengukuran *delay* dilakukan dengan denah pada Gambar 6. Lokasi pengukuran disesuaikan dengan keadaan asli yaitu rumah tinggal. Pengukuran dilakukan dilokasi ruang yang berbeda-

beda sesuai urutan ruang pada gambar denah. Pengukuran *delay* dilakukan dengan empat keadaan yang berbeda. Pengukuran pertama pada keadaan *single user* tanpa interferensi, pengukuran kedua pada keadaan *multi user* dengan interferensi, pengukuran kedua pada keadaan *multi user* tanpa interferensi, dan pengukuran keempat pada keadaan *multi user* dengan interferensi.



Gambar 6. Denah Lokasi Pengukuran

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran *delay* koneksi Bluetooth antara lain:

1. Dua buah komputer *server* Bluetooth, satu buah untuk *server* utama, satu buah untuk penginterferensi. Menggunakan USB Bluetooth Billionton 100m
2. Sebuah *access point* WLAN 802.11g yang mempunyai frekuensi kerja yang sama dengan Bluetooth.
3. Dua buah *handphone* sebagai *client* Bluetooth. *Handphone* yang digunakan memiliki seri Nokia 6630 dan Nokia 7610. Kedua *handphone* tersebut memenuhi syarat spesifikasi yang diperlukan.
4. Satu buah PDA, untuk mengakses WLAN dengan fungsi sebagai penginterferensi. PDA yang digunakan adalah XDII O2 dengan kartu WLAN.
5. *Stopwatch*.

Sebagai catatan, *server* Bluetooth utama dan *access point* WLAN ditempatkan pada lokasi yang sama yaitu ruang 3, sedangkan *server* Bluetooth penginterferensi terdapat pada ruang 8. Kondisi pengukuran *non-Line of Sight*. Untuk pengukuran *multi user*, dua *handphone* secara simultan mengakses *server* dengan lokasi yang sama.

#### a. Pengukuran 1

Pengukuran dilakukan pada kondisi *single user* tanpa interferensi, *server* Bluetooth utama terletak diruang 3. Estimasi jarak terhadap *server* diambil berdasarkan perkiraan titik jarak terjauh masing-masing ruang pengukuran terhadap titik lokasi *server*. Dilakukan dua buah pengukuran yaitu pengukuran *delay* pencarian *server* dan pengukuran *delay* pengiriman data.

#### b. Pengukuran 2

Pengukuran dilakukan pada kondisi *single user* dengan interferensi, *server* Bluetooth utama terletak diruang 3, *server* Bluetooth penginterferensi terletak diruang 8, *access point* WLAN terletak diruang 3. Estimasi jarak terhadap *server* diambil berdasarkan perkiraan titik jarak terjauh masing-masing ruang pengukuran terhadap titik lokasi *server*. Dilakukan dua buah pengukuran yaitu pengukuran *delay* pencarian *server* dan pengukuran *delay* pengiriman data.

#### c. Pengukuran 3

Pengukuran dilakukan pada kondisi *multi user* tanpa interferensi, *server* Bluetooth utama terletak diruang 3. Estimasi jarak terhadap *server* diambil berdasarkan perkiraan titik jarak terjauh masing-masing ruang pengukuran terhadap titik lokasi *server*. Dilakukan dua buah pengukuran yaitu pengukuran *delay* pencarian *server* dan pengukuran *delay* pengiriman data. Terdapat dua buah *user* yang mengakses *server* secara simultan.

#### d. Pengukuran 4

Pengukuran dilakukan pada dengan kondisi *multi user* ditambah interferensi, *server* Bluetooth utama terletak diruang 3, *server* Bluetooth penginterferensi terletak diruang 8, *access point* WLAN terletak diruang 3.

Estimasi jarak terhadap *server* diambil berdasarkan perkiraan titik jarak terjauh masing-masing ruang pengukuran terhadap titik lokasi *server*. Dilakukan dua buah pengukuran yaitu pengukuran *delay* pencarian *server* dan pengukuran *delay* pengiriman data. Terdapat dua buah *user* yang mengakses *server* secara simultan.

### 4.2 Analisis Pengukuran Koneksi Bluetooth:

#### 4.2.1 Analisis waktu yang dibutuhkan Bluetooth untuk Inquiry

Dari perhitungan data pengukuran *delay*, didapat waktu rata-rata *inquiry* atau pencarian perangkat sekitar 13 sampai 14 detik.

Waktu 13 sampai 14 detik adalah waktu yang dibutuhkan untuk pencarian perangkat, meliputi waktu pencarian perangkat Bluetooth terdekat (*Device Discovery*) dan waktu pencarian layanan yang tersedia pada perangkat yang ditemukan (*Service Discovery*). Selama proses *inquiry*, pencarian perangkat Bluetooth akan dilakukan dengan menerima alamat Bluetooth dan *clock* dari perangkat Bluetooth terdekat yang ditemukan. Perangkat yang sedang mencari tersebut harus mengidentifikasi perangkat lainnya dengan alamat Bluetooth dan juga dapat melakukan sinkronisasi frekuensi *hoping* dengan perangkat yang telah ditemukan, menggunakan alamat Bluetooth dan *clock*. Perangkat Bluetooth membuat dirinya ditemukan dengan memberikan mode *inquiry scan*. Pada mode tersebut frekuensi *hoping* akan lebih

lambat dari biasanya, yang artinya perangkat akan menghabiskan perioda waktu lebih lama pada setiap kanal. Proses *service discovery* menggunakan *Service Discovery Protocol* (SDP). SDP *client* harus memberikan *request* SDP ke SDP *server* untuk menerima informasi dari *service record server*.

#### 4.2.2 Analisis waktu yang dibutuhkan Bluetooth untuk pengiriman data

Dari perhitungan data pengukuran *delay*, didapat waktu rata-rata pengiriman data adalah 2 sampai 6 detik. Bluetooth mentransmisikan datanya berdasarkan paket-paket. Format datanya adalah: *access code* (72bit)-header(54bit)-*user payload* (0 sampai 2745bit).

Jika Bluetooth memiliki *bitrate* sebesar 1Mbps, dan asumsi data yang dikirimkan sebanyak 142bit (*access code*:72bit,header:54bit, dan *user payload*:16bit atau 1heksadesimal) dan dengan asumsi faktor yang lain diabaikan, maka berdasarkan teori, *delay* pengiriman data adalah:  $142\text{bit} / 1\text{Mbps} = 142\mu\text{s}$ .

Dari perbandingan hasil pengukuran *delay* dan perhitungan dasar teori, dapat diambil kesimpulan bahwa *delay* pengiriman data tidak hanya bergantung dari jumlah data yang dikirim dan *bitrate*, juga diperhitungkan faktor frekuensi hop, loss propagasi, interferensi, dan lainnya.

#### 4.2.3 Analisis bit rate Bluetooth untuk melakukan pengiriman data

Dari data pengukuran bit *rate*, didapat bit *rate* Bluetooth sekitar 11KBps dan 25KBps. Berdasarkan perhitungan teori, bit *rate* Bluetooth untuk kondisi ideal (tanpa interferensi, kode ortogonal untuk hop *sequence*, *power control* sempurna) adalah 1Mbps, atau sekitar 125KBps.

Dari perbandingan hasil pengukuran, dapat ditarik kesimpulan bahwa bit *rate* ideal 1Mbps tidak dapat terpenuhi. Banyak faktor yang menyebabkan hal tersebut tidak terpenuhi, seperti tidak ortogonalnya hop *sequence* dan juga adanya interferensi.

#### 4.2.4 Analisis daya pancar Bluetooth berdasarkan data pengukuran delay

Dari data pengukuran *delay*, terdapat beberapa pengiriman data yang gagal (*error*). Akan tetapi ketika pendeteksiaan *server* tidak terdapat kegagalan. Dari data tersebut dapat dianalisis perbedaan daya pancar antara *server* dan *client*. Untuk kondisi ideal, daya pancar Bluetooth adalah 1mW. Sisi *server*, yang dalam hal ini adalah komputer, dapat menyediakan daya 1mW untuk melakukan pengiriman data, sehingga ketika proses *inquiry*, daya yang dikirimkan *server* relatif kuat untuk dapat diterima *client* (ketika proses *inquiry*, *server* melakukan *broadcast* alamat). Pada sisi *client*, yang dalam hal ini adalah *handphone*, memiliki daya pancar yang lebih rendah dari *server*

(kurang dari 1mW), sehingga data yang dikirimkan *client* tidak sampai di-*server* dan proses pengiriman data mengalami kegagalan (*error*).

### 4.3 Pengukuran dan analisis sinyal perangkat Mikrokontroler

Pengukuran sinyal pada perangkat keras dilakukan dengan mengikuti bagian blok perangkat.



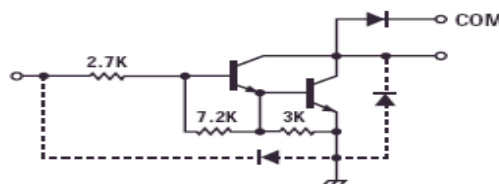
Gambar 7. Blok Perangkat Mikrokontroler untuk pengukuran

#### 4.3.1 Pengukuran level tegangan sinyal keluaran komputer dan MAX-232

Konversi tegangan perlu dilakukan untuk menghubungkan komputer dengan mikrokontroler AT89C51 sebab keduanya memiliki level tegangan yang berbeda. Komputer menggunakan level tegangan RS-232 sedangkan AT89C51 menggunakan level tegangan TTL.

#### 4.3.2 Pengukuran penguatan arus oleh ULN2003

Dari pengukuran didapat bahwa arus keluaran AT89C51 relatif kecil sehingga tidak dapat mengaktifkan *relay*, sehingga dibutuhkan *driver* untuk penguat arus yaitu ULN2003.



Gambar 8. Konfigurasi Darlington Arrays

ULN2003 mempunyai konfigurasi transistor seperti gambar diatas yang disebut *Darlington Arrays*. Ketika ULN2003 menerima tegangan kecil (bit nol), maka transistor akan berubah menjadi keadaan saturasi, sehingga arus ke *ground* menjadi terputus. Ketika diberi tegangan 5V (bit satu), maka transistor menjadi aktif sehingga arus ke *ground* tersambung, dan *relay* akan aktif.

### 4.4 Analisis sistem secara keseluruhan

Dari hasil pengukuran-pengukuran dan perhitungan diatas, maka dapat dilakukan analisis sistem secara keseluruhan, meliputi:

#### 4.4.1 Analisis Delay Sistem

Dari data pengukuran didapat rata-rata *delay* untuk mengakses sebuah perangkat dari *handphone* ke mikrokontroler membutuhkan waktu rata-rata 15 detik. Waktu tersebut sudah termasuk waktu pencarian perangkat, waktu pengiriman data dari

*handphone* ke *server*, waktu pengaksesan *mikrokontroler* dari *server*, dan waktu pengaksesan *mikrokontroler* ke perangkat. Juga dari hasil pengukuran didapatkan nilai standard deviasi relatif besar yang menandakan kurang stabilnya sistem, termasuk adanya waktu *inquiry* yang lama danagalnya proses pengiriman data.

#### 4.4.2 Analisis Interferensi yang dapat mengganggu sistem

Dari data perbandingan pengukuran interferensi, selisih *delay* yang didapat relatif kecil, sekitar satu sampai dua detik. Nilai selisih tersebut menunjukkan kehandalan Bluetooth dalam menangani interferensi dengan interferensi *avoidance*, *power management* dan frekuensi *hopingnya*.

#### 4.4.3 Analisis kapasitas dan transfer rate sistem

Berdasarkan pengukuran dan dasar teori, kapasitas dan *transfer rate* ideal sistem tidak dapat tercapai. Beberapa faktor yang menyebabkan tidak maksimumnya kapasitas dan *transfer rate* antara lain karena ketidak-sempurnaan ortogonalitas pada frekuensi *hoping* yang digunakan Bluetooth. Indikasinya terlihat pada nilai *transfer rate* hasil pengukuran yang jauh dibawah kondisi ideal.

#### 4.4.4 Analisis daya pancar sistem dan loss propagasi

Adanya proses kegagalan pengiriman data menunjukkan adanya perbedaan daya pancar antara *server* dan *client*. Hal tersebut terjadi karena sumber energi yang dimiliki oleh *client* terbatas karena hanya mengandalkan catuan dari *battery handphone*, sehingga data yang dikirim tidak sampai *diserver*. Perbedaan *delay* pengukuran menunjukkan *loss* propagasi yang berbeda untuk setiap lokasi pengukuran. Dari data pengukuran dapat dianalisis bahwa walaupun Bluetooth memiliki daya pancar yang relatif lemah, akan tetapi masih cukup kuat untuk ditangkap oleh penerima pada jarak yang relatif jauh dengan kondisi *non-Line of Sight* dengan dinding penghalang.

#### 4.4.5 Analisis Sinyal yang diproses Mikrokontroler.

Walaupun terjadi konversi sinyal dan format data, baik saat dikirimkan oleh *handphone*, maupun saat diolah oleh *mikrokontroler*, akan tetapi data yang dikirimkan tetap utuh dan dapat diterjemahkan dengan baik oleh *mikrokontroler*, sehingga proses kontrol jarak jauh oleh *handphone* tidak mengalami masalah.

## 5. KESIMPULAN

Telah direalisasikan sistem pengendali perangkat rumah menggunakan bluetooth. Dari hasil pengukuran didapat *delay* rata-rata masih 15 detik dan dirasakan terlalu lama. Dengan menggunakan

perangkat *Bluetooth* dengan jangkauan 10 m, dari hasil pengukuran jarak terjauh mencapai 20 meter. Sistem yang dirancang belum dapat memberikan umpan balik untuk mengetahui apakah perintah telah atau tidak. Hal ini dapat mempengaruhi kenyamanan dalam penggunaannya. Sebagai perbaikan perlu adanya suatu sistem untuk meningkatkan keamanan dari sistem yang telah dibuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kumar, C., Kline, P., and Thompson, T. (2004). *Bluetooth Application Programming With The Java APIs*. Morgan Kauffmann Publishers.
- [2] Martin de Jode, (2004). *Programming Java 2 Micro Edition on Symbian OS*, Wiley, 2004
- [3] Andre N Klingsheim, (2004). *Master's Thesis J2ME Bluetooth Programming*, Departement of Informatics University of Bergen.
- [4] Olle Trank, (2004). Implementation and measurements of a Bluetooth channel to capture emotions, *Master of Science Thesis Stockholm Sweden*.
- [5] Hopkins, B. And Ranjith, A. (2003). *Bluetooth for Java*. The Authors Press.
- [6] Wicaksono Adi., (2002). *Pemrograman Aplikasi Wireless dengan Java*, Elex Media Komputindo, Jakarta.