

IMPLEMENTASI TELEOPERASI ROBOT DAN TELEKOMUNIKASI VIDEO MENGGUNAKAN *SMARTPHONE* ANDROID BERBASIS *BLUETOOTH*.

Eko Wahyuning Pamungkas, S.T., M.T.

Kejuruan Refrigeration Balai Besar Latihan Kerja Industri (BBLKI) Medan

ABSTRAK

Dengan memanfaatkan aplikasi *android*, memungkinkan untuk merancang dan membuat sebuah sistem pengaman berupa robot pengawas yang memanfaatkan teknologi robotika, dan fitur *bluetooth* dan kamera yang terdapat pada *mobile phone*. Sistem yang terdapat pada robot terbagi menjadi teleoperasi dan komunikasi video. Teleoperasi terdiri dari aplikasi *BlueCam* dan *bluetooth*, sistem pemroses utama terdiri dari modul *bluetooth* dan mikrokontroler, dan komunikasi video berupa aplikasi *IP WebCam*. Pada pengujian yang dilakukan, robot pemantau dapat dikontrol oleh *smartphone android* pengendali melalui *bluetooth* hingga jarak 30 m (tanpa halangan) dan 7 m (terhalang dinding). Dan sistem pemantau yang menggunakan IP Kamera dapat memantau kondisi sekitar robot hingga jarak 35 m dengan *delay* rata-rata sebesar 22,37 ms dan *packet loss* sebesar 12,5 % pada ruangan terbuka dan 13 m dengan *delay* rata-rata sebesar 12,34 ms serta *packet loss* sebesar 20% pada ruangan yang memiliki halangan berupa dinding.

Kata Kunci : Android, Bluetooth, IP Kamera, Monitoring, Robot

PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak pabrik dan instalasi umum menggunakan berbagai sistem robot untuk membantu manusia dalam menyelesaikan tugas yang berulang, tepat, atau berbahaya. Sebagian besar sistem robot dikendalikan secara manual dan diprogram melalui komputer. Selanjutnya, produsen robot menyediakan program antarmuka yang unik dan eksklusif.

Di pihak lain *smartphone* menjadi lebih berdaya dengan prosesor yang semakin canggih, kemampuan penyimpanan yang lebih besar, fungsi hiburan yang kaya dan metode komunikasi yang lebih fleksibel. *Bluetooth*, yang terutama digunakan untuk pertukaran data, menambahkan fitur baru untuk *smartphone*. Teknologi *bluetooth* yang diciptakan oleh Ericsson telah diintegrasikan pada *smartphone*. Hal ini telah mengubah cara orang menggunakan perangkat digital di rumah atau kantor, dengan cara mengalihkan perangkat digital tradisional berbasis kabel ke perangkat nirkabel. Sebuah perangkat *bluetooth* mampu berkomunikasi dengan sampai tujuh modul *bluetooth* pada saat yang sama melalui satu sambungan. Mengingat jangkauan kerja normal dalam orde delapan meter, maka sistem komunikasi ini sangat berguna untuk diimplementasikan dalam lingkungan rumah misalnya pada *smart building* atau juga sistem keamanan kawasan.

Smartphone yang beredar saat ini telah dilengkapi dengan berbagai fitur yang semakin baik, misalnya saja kamera dengan kualitas tinggi, *video camcorder*, *bluetooth*, dan *wireless*. Selain semakin lengkapnya fitur *smartphone*, *operating system* yang berkembang juga semakin baik, misalnya Android. Suatu ponsel yang menggunakan Android, mempunyai fungsi yang lebih luas. Hal ini dikarenakan, android menyediakan *platform* yang bersifat *Open Source* bagi penggunaannya, dengan *open source* memungkinkan pengguna Android untuk mengembangkan dan membuat berbagai aplikasi berbasis Android.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam jurnal ini akan dilakukan implementasi teleoperasi robot dan telekomunikasi video pada *smartphone* android berbasiskan *bluetooth* dan wifi. Sistem ini dapat diterapkan pada suatu sistem keamanan yang berupa robot pengawas yang memanfaatkan teknologi robotika, dan teknologi *smartphone* khususnya fitur *bluetooth* dan kamera. Sistem keamanan bertujuan untuk memantau keadaan sekitar dari segala tindak kriminal sehingga memudahkan dalam pemantauan secara langsung. Sistem pemantauan keamanan menggunakan kamera yang umum digunakan adalah kamera CCTV, *WebCam* dan *IP Camera*.

METODE

Beberapa metodologi yang digunakan dalam pembuatan ini yaitu :

a. Studi Literatur

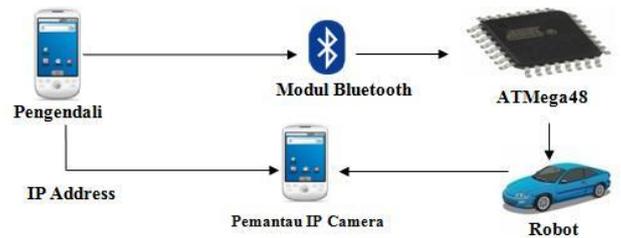
Studi literatur dalam penelitian ini berupa kajian kepustakaan, jurnal-jurnal dari internet dan kajian – kajian dari buku teks pendukung.

b. Perancangan

Metode perancangan yang digunakan pada penelitian bertujuan untuk mendisain robot dan perangkat lunak komunikasi data.

c. Implementasi

Metode implementasi dilakukan dengan cara menerapkan desain untuk memperoleh prototip sistem antara lain dengan mengembangkan aplikasi android yang sudah ada agar dapat terkoneksi dengan mikrokontroler sehingga dapat mengendalikan pergerakan robot menggunakan *smartphone*.



Gambar 1. Perancangan Sistem

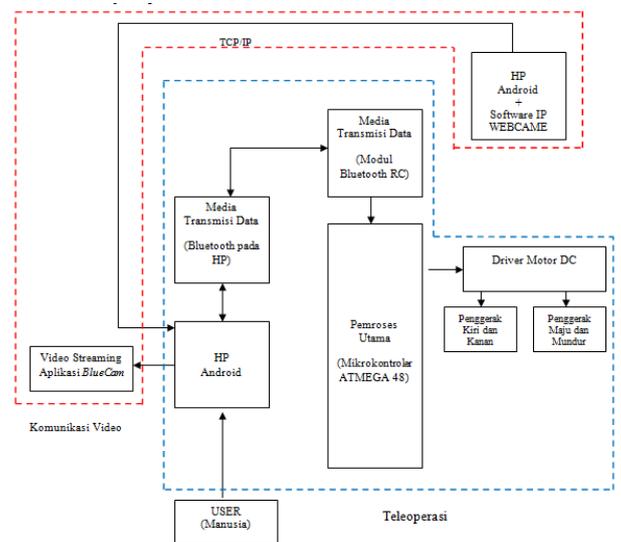
PERANCANGAN SISTEM

Gambaran Sistem

Sistem pemantau robot yang dirancang dalam thesis ini terdiri dari 3 bagian, yaitu bagian pengendali, bagian pemroses utama dan bagian pemantau. Bagian pengendali terdiri dari seperangkat *smartphone* yang telah terinstal aplikasi *BlueCam*. Aplikasi tersebut berfungsi sebagai *input* pengendali robot. Bagian pemroses utama terdiri dari modul *bluetooth*, mikrokontroler ATmega 48, dan Robot. Modul *bluetooth* yang terhubung dengan mikrokontroler berfungsi sebagai media transmisi data antara pengendali dengan robot. Modul *bluetooth* yang terdapat pada pemroses utama akan menjadi *slave*, sedangkan *bluetooth* yang terdapat pada bagian pengendali akan menjadi master. Proses pengendalian baru dapat terjadi apabila *slave bluetooth* sudah terhubung dengan master *bluetooth*. Pada bagian pemantau terdapat fasilitas pemantauan via *IP Camera*. Hal ini bertujuan, agar *user* dapat memantau keadaan sekeliling robot dari jarak jauh. Dalam sistem ini, *IP Camera* yang digunakan adalah *Smartphone* yang telah terinstal aplikasi *IP WebCam*. Setelah aplikasi tersebut dijalankan dan *smartphone* diletakkan di atas robot, *user* dapat memantau dengan cara mengakses IP yang terdapat pada *smartphone* yang ada di robot. Adapun skematik perancangan sistem disajikan pada Gambar 1.

Perancangan Perangkat Keras

Pada pembuatan jurnal ini, perancangan perangkat keras meliputi rangkaian catu daya, rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATMEGA 48, dan rangkaian *driver motor*. Adapun diagram blok keseluruhan sistem disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Sistem Perangkat Keras

Secara keseluruhan pada perancangan perangkat keras terdiri dari 2 bagian, yakni Teleoperasi dan Komunikasi Video.

a. Teleoperasi

Pada sistem teleoperasi ini, user (pengguna) mengendalikan robot menggunakan *smartphone* Android yang akan memberikan perintah berupa periperiferal *input (keypad)*. Secara garis besar perangkat pada sistem Teleoperasi robot ini antara lain adalah :

1. Smartphone dengan Sistem Operasi Android.
2. Aplikasi BlueCam
Merupakan aplikasi utama yang digunakan sebagai pengontrol sekaligus pengawas pada robot.



Gambar 3. Aplikasi BlueCam

3. Penggerak Robot (Driver Motor DC)
Sistem penggerak robot yang diterapkan adalah sistem penggerak diferensial. Penggerak jenis ini terdiri dari 2 motor DC, dimana tiap bagiannya menggerakkan sebuah roda. Adapun konfigurasi jalur koneksi antara motor DC dengan mikrokontroler dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jalur Koneksi Motor DC dan Mikrokontroler

| Motor DC | Jalur Koneksi Mikrokontroler |
|------------------------|------------------------------|
| Input 1 Motor DC Kiri | Pin no.14 |
| Input 2 Motor DC Kiri | Pin no.15 |
| Input 1 Motor DC Kanan | Pin no.9 |
| Input 2 Motor DC Kanan | Pin no.10 |

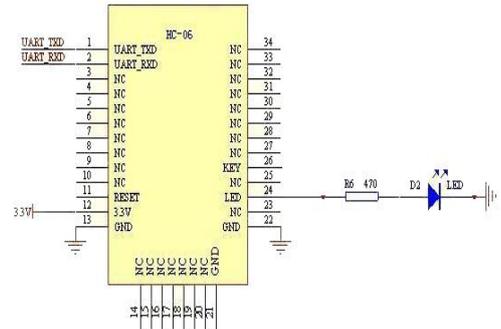
4. Pemroses Utama berupa Mikrokontroler ATmega48.
Modul yang digunakan sebagai komponen pemroses utama adalah rangkaian minimum sistem mikrokontroler Atmega48. Rangkaian mikrokontroler ini merupakan pusat pengolahan data dan pusat pengendali komponen robot.

Tabel 2. Instalasi rangkaian elektronika robot dengan pin-pin mikrokontroler ATMEGA48

| Rangkaian | Pin Mikrokontroler | Port Mikrokontroler | Fungsi Sistem |
|------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| Driver Motor DC | Pin no. 14 | PB 2 | Aktuator Penggerak Robot |
| | Pin no. 15 | PB 3 | |
| | Pin no. 9 | PD 5 | |
| | Pin no. 10 | PD 6 | |
| Bluetooth Serial | Pin 1 (TX) | PD 0 (RX) | Penerima data serial |
| | Pin 2 (RX) | PD 1 (TX) | Pengirim data serial |
| Baterai | Pin 12 (VCC) | | Suplai tegangan |
| | Pin 13 (GND) | | |

5. Modul Bluetooth RF-BT0417C.
RF-BT0417C memiliki 22 pin out, namun pada perancangan robot pemantau ini yang dipakai hanya 4 pin out saja. Pin yang dipakai adalah VCC, GND, TX dan RX. Hookup diagram untuk Bluetooth

modul RF-BT0417C diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hookup diagram Bluetooth modul RF-BT0417C

b. Komunikasi Video

Komponen utama pada komunikasi video adalah aplikasi IP WebCam dan BlueCam. Aplikasi WebCam terdapat pada smartphone pemantau sedangkan aplikasi BlueCam terdapat pada smartphone pengendali. Kedua smartphone saling terkoneksi secara wireless dengan memanfaatkan jaringan ad hoc yang berbasis IP. Pada komunikasi video, terdapat 2 aplikasi utama yang digunakan yakni Aplikasi BlueCam dan Aplikasi IP WebCam

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak adalah sebuah program yang digunakan untuk membuat sebuah aplikasi pada sebuah sistem. Dalam thesis ini, aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk mengendalikan robot lewat smartphone android adalah BlueCam. Sedangkan aplikasi yang berfungsi sebagai komunikasi video dan juga IP Camera pada smartphone android lainnya adalah IP WebCam.

a. BlueCam

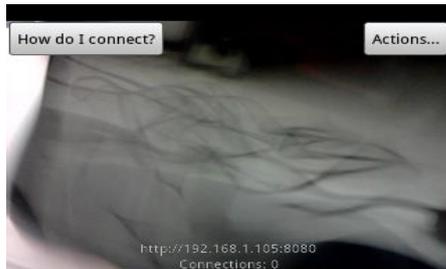
Pada aplikasi BlueCam terdapat fitur yang memungkinkan user untuk memantau kondisi sekitar robot menggunakan IP Camera yang terpasang pada robot. User hanya perlu memasukkan IP Address yang terdapat pada IP Camera ditempat yang sudah disediakan oleh BlueCam. Virtual joystick yang terdapat pada aplikasi BlueCam ditunjukkan pada Gambar 3. Selain itu, terdapat juga fasilitas joystick yang memungkinkan user untuk mengendalikan robot dengan menekan tombol yang ada pada keypad. Adapun icon perintah pada aplikasi BlueCam dijabarkan pada tabel 3.

Tabel 3. Icon Perintah Pergerakan Robot

| Icon | Fungsi |
|---|--|
|  | Memerintahkan robot agar bergerak maju. |
|  | Memerintahkan robot agar berbelok ke kiri. |
|  | Memerintahkan robot agar berbelok ke |
|  | Memerintahkan robot agar bergerak |

b. IP WebCam

Aplikasi IP WebCam juga merupakan salah satu aplikasi gratis yang digunakan dalam jurnal ini. Aplikasi ini dapat didownload di Android Market (google play). Aplikasi ini berfungsi untuk mengubah *smartphone* android yang terpasang pada robot menjadi IP Camera.



Gambar 5. Aplikasi IP WebCam

PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Pada bagian ini dilakukan proses akhir dari analisis kinerja arsitektur *bluetooth* untuk komunikasi android pada sistem keamanan, yaitu pengujian perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat. Metode pengujian yang dilakukan adalah menguji fungsi kerja sistem dan tegangan, mulai dari pengujian tegangan pada mikrokontroler hingga efisiensi dari IP Camera.

Pengujian Perangkat Keras

a. Proses Pengukuran dan Analisa Hasil Pengukuran Tegangan pada Port Output Mikrokontroler

Pada pengukuran dengan memberikan logika 0 (*Low*), maka didapat hasil yang disajikan pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan dengan Logika 0

| PORT | TEGANGAN TERUKUR |
|------|------------------|
| B 2 | 0,26 V |
| B 3 | 0,26 V |
| D 5 | 0,26 V |
| D 6 | 0,26 V |

Sedangkan pada pengukuran dengan memberikan logika 1 (*High*) pada mikrokontroler, didapat hasil seperti pada Tabel 5 berikut :

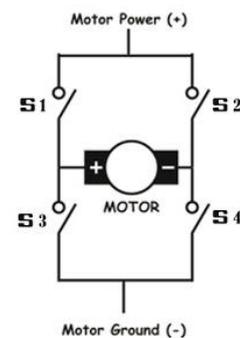
Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan dengan Logika 1

| PORT | TEGANGAN TERUKUR |
|------|------------------|
| B 2 | 4,80 V |
| B 3 | 4,78 V |
| D 5 | 4,79 V |
| D 6 | 4,79 V |

Pada pengukuran *port output* dengan logika 0 (*Low*) mikrokontroler diperoleh hasil dari masing – masing *port* adalah sebagai berikut, *port* B2 terukur 0,26 V, *port* B3 terukur 0,26 V, *port* D5 terukur 0,26 V dan *port* D6 terukur 0,26 V. Secara teori, data yang seharusnya didapat adalah 0 V, terdapat sedikit selisih. Hal ini disebabkan oleh adanya toleransi resistor sebesar 5%, toleransi alat ukur dan kualitas kabel serta pemasangan komponen. Sedangkan pada saat diberikan logika 1 (*High*) nilai *output* yang seharusnya didapat adalah sebesar 5 V, namun hasil yang diperoleh adalah sebesar 4,80; 4,78; 4,79 dan 4,79 V. Perbedaan hasil ini disebabkan oleh keakuratan pengukuran dan juga alat ukur.

b. Pengujian Driver Motor DC

Dalam jurnal ini penggunaan motor DC yang diperlukan adalah pengontrolan arah dan pengontrolan kecepatan putar motor DC tersebut. Solusi untuk pengontrolan arah putar motor DC adalah dengan menggunakan driver motor DC berupa *H-Bridge* yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. H-Bridge pada Motor DC

Pengujian yang dilakukan pada H-Bridge motor DC adalah dengan memberikan Logika 0 dan Logika 1 pada tiap-tiap transistornya. Adapun hasil pengujiannya disajikan pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Pemberian Logika High dan Low pada Motor Maju/Mundur

| PORT | | PERINTAH |
|------|------|----------|
| PB 2 | PB 3 | |
| 0 | 0 | Diam |
| 1 | 0 | Maju |
| 0 | 1 | Mundur |

Tabel 7. Pemberian Logika High dan Low pada Motor Kanan/Kiri

| PORT | | PERINTAH |
|------|------|----------|
| PB 2 | PB 3 | |
| 0 | 0 | Diam |
| 1 | 0 | Kanan |
| 0 | 1 | Kiri |

c. Pengujian Komunikasi Bluetooth

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan koneksi antara aplikasi *BlueCam* dengan modul *bluetooth* dapat berjalan dengan baik. Selain itu, tujuan pengujian ini juga berfungsi untuk mendapatkan data HEX yang nantinya digunakan untuk mengendalikan robot. Program yang digunakan untuk menguji adalah COMTOOL.



Gambar 7. Pengujian Data Hex dengan ComTool

Dari hasil pengujian tersebut, didapatkan data HEX yang akan digunakan untuk mengendalikan robot yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Data Hex untuk Mengendalikan Pergerakan Robot

| NO | Jenis Perintah | Data HEX |
|----|----------------|----------|
| 1 | 5553 | Maju |
| 2 | 4F | Mundur |
| 3 | 2F | Kiri |
| 4 | 5F | Kanan |

Pengujian Perangkat Lunak

1. Teleoperasi Robot

Pada pengujian teleoperasi robot difokuskan pada uji pengendalian robot. Pengujian ini dilakukan dengan dua bentuk, yaitu pengujian dengan halangan dinding dan pengujian tanpa halangan. Langkah pengujian dilakukan dengan cara menjauhkan robot dari *smartphone* pengendali secara bertahap, sambil diberikan kiriman data dari *smartphone* pengendali. Titik maksimal diambil pada batas jarak saat robot sudah tidak mampu merespon kiriman data dari *smartphone* pengendali.

Dari pengujian tanpa halangan dinding didapatkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Jarak Pengendalian Robot Tanpa Halangan Dinding

| No | Jenis Perintah | Indikasi Respon Pada Robot pada Perubahan Jarak (Meter) | | | | | |
|----|----------------|---|----|----|----|----|----|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 1 | Maju | √ | √ | √ | √ | √ | x |
| 2 | Mundur | √ | √ | √ | √ | √ | x |
| 3 | Kiri | √ | √ | √ | √ | √ | x |
| 4 | Kanan | √ | √ | √ | √ | √ | x |

Sedangkan pengujian pengendalian robot dengan halangan dinding, didapat data seperti pada Tabel 10 berikut :

Tabel 10. Pengujian Jarak Pengendalian Robot Dengan Halangan Dinding

| No | Jenis Perintah | Indikasi Respon Pada Robot pada Perubahan Jarak (Meter) | | | | | | |
|----|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Maju | √ | √ | √ | √ | √ | √ | x |
| 2 | Mundur | √ | √ | √ | √ | √ | √ | x |
| 3 | Kiri | √ | √ | √ | √ | √ | √ | x |
| 4 | Kanan | √ | √ | √ | √ | √ | √ | x |

Dari data dua variasi pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil koneksi antara *bluetooth* pada *user* dan *bluetooth* pada robot dengan jarak maksimal tanpa halangan sejauh ± 30 m dan dengan halangan dinding sejauh ± 7 m. pada jarak tersebut didapatkan kondisi robot masih mampu merespon kiriman data dari *smartphone* pengendali. Sehingga dapat dikatakan aplikasi sistem pengendali robot pengawas menggunakan koneksi dua jenis *bluetooth* ini berhasil untuk jarak tersebut di atas.

2. Komunikasi Video

Pengujian yang dilakukan pada sistem komunikasi video di jurnal ini menitikberatkan pada Pengujian QoS (Quality of Service) Live Streaming IP Camera yang ada pada robot. Pada pengujian QoS dari live streaming bertujuan untuk mengetahui kualitas jaringan ad hoc yang dipakai pada *smartphone* pemantau dan pengendali. Adapun komponen dari QoS *live streaming* yang diuji adalah *Delay*, *Bandwidth* dan *Packet loss*. Pada pengujian QoS live streaming ini, dilakukan 2 perlakuan yakni pengujian yang dilakukan dengan menjauhkan client dari server tanpa adanya halangan berupa dinding dan pengujian dengan menjauhkan client dari server disertai adanya halangan berupa

dinding. Dengan melakukan pengujian ini, diharapkan mendapat kualitas jaringan yang baik dan mendukung untuk fitur live streaming.

a. Pengujian QOS Live Streaming Tanpa Halangan.

Pada pengujian ini, *smartphone* pemantau yang bertindak sebagai client dan ditempatkan pada robot digerakkan menjauhi server kemudian diukur secara berkala *delay*, bandit dan *packet loss* dari sisi server dengan menggunakan command promp yang terdapat pada windows. Adapun hasil pengujian komponen QoS tersebut disajikan pada Tabel 11.

Dari hasil pengujian tersebut dapat dihitung rata-rata *delay*, *bandwidth* dan *packet loss* dari jaringan ad hoc yang dipakai oleh *smartphone* pengendali dan *smartphone* pemantau.

$$\text{Delay} = \frac{\sum \text{Delay Tiap Jarak}}{\sum \text{Pengujian}} = \frac{1+3+6+8+12+15+134}{8} = \frac{179}{8} = 22,37 \text{ ms}$$

Tabel 11. Pengujian QoS Tanpa Halangan Dinding

| Jarak | Delay | Bandwidth | Packet loss | Gambar |
|-------|-------|-------------|-------------|---|
| 5 m | 1 ms | 15 Mbits/s | 0 % |  |
| 10 m | 3 ms | 9,1 Mbits/s | 0 % |  |

| | | | | |
|------|----------|--------------|-------|---|
| 15 m | 6 ms | 6,3 Mb/s | 0 % |  |
| 20 m | 8 ms | 5,4 Mb/s | 0 % |  |
| 25 m | 12 ms | 550 Kbits/s | 0 % |  |
| 30 m | 15 ms | 410 Kbits/s | 0 % |  |
| 35 m | 134 ms | 50,3 Kbits/s | 0 % |  |
| 37 m | Time Out | Time Out | 100 % |  |

$$\overline{\text{Packet Loss}} = \frac{\sum \text{Loss Tiap Jarak}}{\sum \text{Pengujian}}$$

$$= \frac{0+0+0+0+0+0+0+100}{8} = \frac{100}{8} = 12,5 \text{ ms}$$

$$\overline{\text{Delay}} = \frac{\sum \text{Delay Tiap Jarak}}{\sum \text{Pengujian}}$$

$$= \frac{1+3+3+5+50}{5} = \frac{62}{5} = 12,4 \text{ ms}$$

Berdasarkan perhitungan rata-rata tersebut, *delay* rata-rata adalah sebesar 22,37% dengan jarak maksimal ± 37m dan tidak melebihi 200ms yang merupakan standar *delay* untuk *real time streaming protocol* yang diatur dalam RFC2326 dan ITU-T H324. Sedangkan untuk paket loss, rata-rata yang didapat adalah sebesar 12,5% dengan jarak maksimal 37m dan hal ini masih dapat diterima karena standard yang ditetapkan oleh ITU adalah kurang dari 10%.

b. Pengujian QOS Live Streaming Dengan Halangan

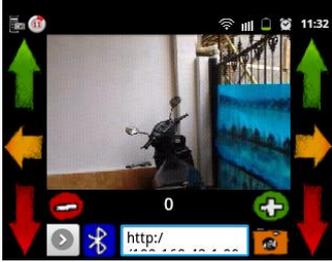
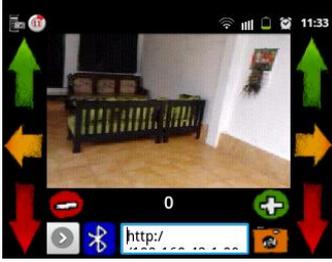
Pada pengujian ini, *smartphone* pemantau yang bertindak sebagai *client* dan ditempatkan pada robot digerakkan menjauhi server dalam suatu ruangan yang terdapat beberapa halangan berupa dinding. Kemudian diukur secara berkala *delay*, *bandwidth* dan *packet loss* dari sisi server dengan menggunakan command promp yang terdapat pada windows. Adapun hasil pengujian komponen QoS tersebut disajikan pada Tabel 12.

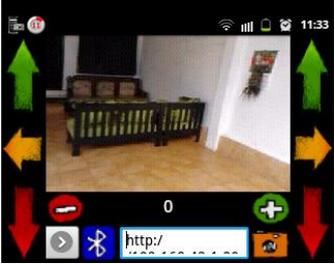
Dari hasil pengujian dapat dihitung rata-rata *delay*, *bandwidth* dan *packet loss* dari jaringan ad hoc antara *smartphone* pengendali dan pemantau.

$$\text{Packet Loss} = \frac{\sum \text{Loss Tiap Jarak}}{\sum \text{Pengujian}} = \frac{0+0+0+0+100}{5} = \frac{100}{5} = 20 \text{ ms}$$

Berdasarkan perhitungan, *delay* rata-rata adalah sebesar 12,4% dengan jarak maksimal ± 15m, dan tidak melebihi 200 ms yang merupakan standar *delay* untuk *real time streaming protocol* yang diatur dalam RFC2326 dan ITU-T H324. Sedangkan rata-rata paket loss yang didapat adalah sebesar 20% dengan jarak maksimal ± 15m, nilai yang diperoleh cukup besar karena standard yang ditetapkan ITU adalah kurang dari 10% sehingga kualitas gambar pada jarak 15 m tidak dapat lagi diakses *smartphone* pengendali.

Tabel 12. Pengujian QoS dengan Halangan Dinding

| Jarak | Delay | Bandwidth | Packet loss | Gambar |
|-------|-------|--------------|-------------|---|
| 1 m | 1 ms | 9,94 Mbits/s | 0 % |  |
| 5 m | 3 ms | 6,69 Mbits/s | 0 % |  |
| 10 m | 3 ms | 5,85 Mbits/s | 0 % |  |

| | | | | |
|------|-------|--------------|-------|---|
| 13 m | 5 ms | 489 Kbits/s | 0 % |  |
| 15 m | 50 ms | 44,5 Kbits/s | 100 % |  |

KESIMPULAN

Dari uraian dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bagian-bagian sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil diimplementasikan sebuah robot mobile *bluetooth* dengan pemantau IP *Camera* yang mampu dikendalikan melalui *smartphone* dengan OS Android menggunakan teknologi *bluetooth* dengan kemampuan komunikasi 2 arah. Jangkauan kendali maksimal dihasilkan sejauh 30 m (ruang terbuka) dan 7 m di ruangan yang berhalangan dinding hal ini disebabkan oleh kualitas *bluetooth* dengan standar IEEE 802.11a adalah generasi awal standar WLAN dengan jarak jangkauan yang pendek.
2. Pemantauan via IP *Camera* yang terpasang pada robot dapat dilakukan hingga jarak maksimal 35 m pada ruangan terbuka dan 13 m pada ruangan dengan halangan dinding.
3. *Delay* rata-rata untuk komunikasi video pada *live streaming* adalah sebesar 22,37 ms pada ruangan terbuka dan 12,34 ms pada ruangan berhalangan dinding. Nilai ini masih dalam toleransi yang ditetapkan oleh ITU, dimana nilai tersebut tidak melebihi 200 ms yang merupakan standar *delay* untuk *real time streaming protocol* yang diatur dalam RFC2326 dan ITU-T H324
4. *Packet loss* rata-rata untuk komunikasi video pada *live streaming* adalah sebesar 12,5 % pada ruangan terbuka dan 20 % pada ruangan berhalangan dinding. Nilai *packet loss* pada pengujian di ruangan terbuka masih dapat diterima karena

standar ITU adalah sebesar 10%. Namun nilai yang didapat pengujian dengan adanya halangan berupa dinding cukup besar hal ini menyebabkan koneksi terputus pada jarak yang cukup pendek.

5. Dengan menggunakan *Operating System* Android, dapat didesain aplikasi yang bisa digunakan untuk mengendalikan robot secara *wireless*, sekaligus memantau kondisi sekitar robot menggunakan IP *Camera* Android.
6. Dengan memanfaatkan *smartphone* Android, dapat diciptakan suatu sistem teleoperasi robot yang *portable* dan mudah digunakan oleh siapa saja.

SARAN

Selain didapatkan beberapa kesimpulan yang telah diuraikan sebelumnya, terdapat beberapa saran yang dapat diambil, antar lain :

1. Agar mendapatkan hasil maksimal, sebaiknya pemanfaatan sistem ini ditempatkan di ruang yang tidak terlalu tertutup.
2. Agar memungkinkan untuk diakses dengan jarak yang lebih jauh, dapat digunakan alternatif *software* IP *Camera* selain IP *WebCam* dan juga dengan melakukan *upgrade* pada *smartphone* android baik yang digunakan sebagai pengendali atau pemantau.

DAFTAR PUSTAKA

Ajinkya Salunke, Prashant Shelke, Apurva Sahasrabudhe. 2012. *Telephony Calls over Bluetooth*. Global Journal of Computer

- Science and Technology Network, Web & Security Volume 12 Issue 11 Version 1.0 Juni 2012.
- Anonim. 2010. *Iperf : cara mengukur bandwidth client – server secara maksimal*.
<http://www.nadasumbang.com/iperf-cara-mengukur-bandwidth-client-server-secara-maksimal/>.
- Anonim. 2011. *8-bit Atmel Microcontroller with 4/8/16K Bytes In-System Programmable Flash*.
<http://www.atmel.com/images/doc2545.pdf>.
- Budiharto, Widodo. 2004. *Interfacing Komputer dan Mikrokontroler*. Jakarta: Elek Media Komputindo.
- Eko Putra. Agfianto. 2003. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori Dan Aplikasi Edisi 2*. Yogyakarta: Gaya Media.
- Hamsyah, Bima. 2013. *6 Kelebihan Ponsel Android*. <http://www.big-abq-things.blogspot.com/2013/02/6-kelebihan-ponsel-android.html>.
- Indrianto, Onki Nur. 2012. <http://www.elektronikaunej.blogspot.com/2012/09/makalah-rangkaian-h-bridge-latar.html>.
- Iswanto. 2009. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AT90S2313 dengan BASIC Compiler*. Yogyakarta : Andi.
- Jubilee Enterprise. 2010. *88 Cara Inspiratif Berburu Ide untuk Blog*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- József Sütő, S. Oniga. 2012. Remote controlled data collector robot. *Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering* 5 (2012), 117-120.
- Kurniawan, Dayat. 2009. *Atmega8 dan Aplikasinya*. Jakarta : Elexmedia Komputindo.
- Kurniawan, Wiharsono. 2007. *Jaringan Komputer*. Yogyakarta : Andi.
- Luqman, Arif Rahman Hakim. 2009. *Analisa dan Implementasi Quality of Service (QoS) pada Jaringan JARDIKNAS (Jaringan Pendidikan Nasional)*. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer AMIKOM.
- M.F.L. Abdullah, Lee Mei Poh. 2011. *Mobile Robot Temperature Sensing Application via Bluetooth*. *International Journal of Smart Home*. Vol. 5, No. 3, July, 2011, 39-48.
- Michael Siregar, Ivan. 2011. *Membongkar Source Code Berbagai Aplikasi ANDROID*. Yogyakarta : Gava Media.
- Ming Yan, Hao Shi. 2013. *Smart Living using Bluetooth-based Android Smartphone*. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)* Vol. 5, No. 1, February 2013, 65-72.
- Permata, Erwin. 2010. *Pendeteksian Kemacetan Lalu Lintas dengan Mengimplementasikan Algoritma Pin Hole*.
<http://www.library.binus.ac.id/eColls/eThe sis/Bab2/2010-1-00268-IF-Bab%202.pdf>.
- Priyo Utomo, Eko. 2012. *Wireless Networking “Panduan Lengkap Membangun Jaringan Wireless Tanpa Teknisi”*. Yogyakarta : Andi.
- Pustekkom. 2007. *Cara Kerja Bluetooth*.
http://idkf.bogor.net/yuesbi/e-DU.KU/edukasi.net/TIK/Cara.Kerja.Blue tooth/materi_3.html.
- Rohit Agrawal, Ashesh Vasaly. 2012. *Bluetooth Navigation System Using Wi-fi Access Points*. *International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS)* Vol.3, No.2, Maret 2012, 185-192.
- Richard Y. Chiou, M. Eric Carr. 2012. *Design of a Cell Phone-controlled Bionic Robot*. American Society for Engineering Education AC 2012-4917.
- Riyadi. 2011. *Parameter Keandalan Jaringan Komputer*.
<http://riyadi2405.wordpress.com/2011/03/05/parameter-keandalan-jaringan-komputer/>.
- Sebastian van Delden, Andrew Whigham. 2012. *A Bluetooth Based Architecture for Android Communication with an Articulated Robot*. *Proceeding of International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 21-25 Mei 2012, 104-108.
- Sugeng, Winarno. 2006. *Jaringan Komputer dengan TCP/IP*. Bandung : Penerbit Informatika.
- Susilo, Deddy. 2010. *48 Jam kupas tuntas Mikrokontroler MCS51 & AVR*. Yogyakarta : Andi.
- W Purbo, Onno. 2001. *Teleoperasi menggunakan Interne*. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- Zenhadi. 2011. *Modul 12 Pengenalan Android*.
<http://lecturer.eepis-its.edu/~zenhadi/kuliah/InternetProgramming/>.

