

# Rancang Bangun Sistem Transfer Video Real – Time Menggunakan Jaringan Mobile Ad hoc Pada Robot ITS - 01

Yorisan Permana Baginda, Eko Setijadi, Wirawan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* yorisan@elect-eng.its.ac.id

**Abstrak**— Pengembangan robot monitoring dan surveilance banyak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan keamanan, pertahanan. Robot tersebut dihubungkan menggunakan standar wireless-LAN 802.11g sebagai media komunikasi data. Implementasi jaringan adhoc ditujukan untuk memberdayakan masing-masing robot dapat berfungsi sebagai router, sehingga memungkinkan untuk melakukan komunikasi multihop dari robot satu yang terdekat dengan stasiun pengontrol ke robot selanjutnya yang sudah keluar jangkauan stasiun pengontrol. Dengan demikian cakupan operasi robot monitoring menjadi semakin luas. Sistem transfer video real-time dalam penelitian ini dibangun menggunakan KinectTCP yang di modifikasi untuk menerima data dari robot berupa *RGB, Depth* dan *Skeleton*. Evaluasi performansi dilakukan pada topologi single hop dan multihop dengan mengukur parameter throughput, FPS, packet loss, packet delay dan jitter. Hasil pengujian menunjukkan topologi multihop dapat mendukung operasional robot dalam gedung meskipun mengalami penurunan parameter Throughput dan FPS rata-rata sebesar 82,86%, dan mengalami penambahan delay rata-rata sebesar 149,73%.

**Kata Kunci**— 802.11g, ad-hoc, implementasi, multihop, transfer video real time, wireless-LAN.

## I. PENDAHULUAN

Pengembangan Robot ITS-01 oleh Pusat Robotika ITS memerlukan sistem komunikasi antara server dan robot melalui media transmisi nirkabel untuk mempermudah pergerakan robot [1]. Robot dilengkapi dengan sebuah kamera untuk aplikasi pengawasan lingkungan dan mendeteksi keberadaan manusia di dalam gedung. Adanya penghalang dalam gedung dan luasnya daerah operasi robot menyebabkan cakupan wireless-LAN menjadi terbatas sedangkan data video dari kamera harus dikirimkan dari robot menuju stasiun kontrol. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan dengan menambahkan sebuah node perantara yang menghubungkan dua buah node terpisah untuk membentuk jaringan adhoc multihop [2-3]. Paper ini memaparkan hasil implementasi dan evaluasi performansi sistem transfer video dalam mendukung misi robot.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Komunikasi Robot

Pada era awal adopsi komunikasi robot nirkabel, teknologi infrared diterapkan dalam skala besar karena mempunyai biaya

yang rendah. Namun, gelombang inframerah tidak dapat melewati rintangan (misalnya : dinding) dan mempunyai rate komunikasi dan kualitas yang buruk. Selanjutnya, teknologi frekuensi radio (RF) menjadi lebih disukai dalam desain komunikasi robot bergerak. Robot dapat berkomunikasi dengan perangkat – perangkat yang lain melalui link point-to-point atau dengan melakukan mekanisme penyiaran (broadcasting). Teknik modulasi Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) dan Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) banyak diterapkan secara luas pada pita frekuensi ISM (Industrial Scientific Medical) karena memiliki lisensi yang bersifat bebas dan gratis di banyak negara. Pengembangan standar jaringan nirkabel seperti IEEE 802.11, Bluetooth, dan jaringan Adhoc telah memotivasi para peneliti untuk menggunakannya pada sistem komunikasi nirkabel robot bergerak [4].

### B. Sistem Navigasi dan Monitoring Robot

Salah satu teknik navigasi robot yang populer saat ini adalah Simultaneous Localization and Mapping (SLAM). Teknik SLAM memungkinkan robot untuk dapat melakukan 2 hal sekaligus secara bersamaan, yaitu : melakukan fungsi lokalisasi di tempat dimana dia berada, dan menggambar peta untuk dirinya sendiri di tempat dia berada tersebut. Ada banyak jenis implementasi teknik SLAM pada robot. Salah satu jenisnya yaitu : RGB – D SLAM yang memiliki kelebihan dimana navigasi dipandu dari “penglihatan” robot itu sendiri dan data RGB dan Depth yang diperoleh dari sensor kamera robot digunakan untuk algoritma deteksi manusia[5] sebagai bagian dari misi pengawasan lingkungan dalam gedung oleh robot. Dalam mewujudkan sistem tersebut dibutuhkan unit pemroses terpisah dengan menggunakan protokol TCP agar semua data terkirim ke stasiun kontrol.

### C. IEEE 802.11 Mode Ad hoc

IEEE 802.11 adalah standar komunikasi jaringan nirkabel yang banyak digunakan di dunia dan merupakan pilihan yang baik untuk implementasi jaringan ad hoc nirkabel multi hop. Standar 802.11 mendukung dua mode yaitu mode infrastruktur dan mode ad hoc[6]. Dalam mode infrastruktur, *node* berkomunikasi menggunakan sebuah *access point* (AP) yang tidak bergerak. Mode kedua disebut juga IBSS (Independent Basic Service Set) dimana setiap *node* dapat berkomunikasi dengan yang lain tanpa infrastruktur apapun. Namun, standar 802.11 mode ad hoc hanya mendukung *single-hop*, yang

berarti setiap node harus berada dalam radius transmisi yang sama untuk berkomunikasi. Keterbatasan ini dapat diatasi dengan jaringan ad hoc multihop. Hal ini membutuhkan mekanisme routing agar paket dapat diteruskan ke tujuan yang diharapkan sehingga memperluas jangkauan jaringan ad hoc melebihi radius transmisi dari node sumber[2] [3].

### III. IMPLEMENTASI SISTEM

#### A. Hardware dan software

Testbed terdiri atas 3 unit laptop yang menjalankan Windows 7 32 bit dan dilengkapi dengan *wireless adapter* TP Link TLWN822ND yang mendukung 802.11 a/b/g. Tiap adapter diatur tanpa proteksi keamanan dan bekerja dalam mode ad hoc.

Kinect XBOX 360 digunakan untuk mendukung navigasi robot yang berupa RGB-D SLAM, yang mengirimkan data video RGB dan data video depth *uncompressed* dari sensor kamera Robot ITS-01. Resolusi masing-masing adalah 640x480 pixel dan 320x240 pixel.

Untuk melakukan capture data diperlukan driver Microsoft Kinect SDK v.1.0 beta 2 [7] dan KinectTCP [8] berfungsi sebagai program pengirim data video ke node lain.

#### B. Sistem Transfer Video Pada Robot

Data video akan ditransmisikan melalui dua skenario yaitu komunikasi langsung dan komunikasi multihop dimana terdapat sebuah node perantara yang akan menghubungkan robot dengan server. Gambar 1 dan 2 mendeskripsikan topologi jaringan yang digunakan untuk pengujian.

Mengacu pada topologi jaringan di atas KinectTCP Server akan dieksekusi pada komputer kontrol robot sedangkan komputer stasiun kontrol akan menerima data video dengan cara mengeksekusi program KinectTCP Client yang telah di-build menggunakan program Netbeans 6.9.1. Ukuran frame untuk data video RGB adalah 921608 byte, sedangkan ukuran frame untuk data depth adalah 460808 byte[8]. Pada gambar 3 menunjukkan tampilan visual robot hasil program monitoring stasiun kontrol.

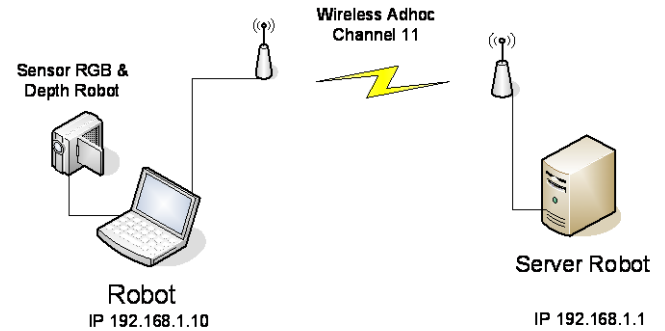
#### C. Metode Pengujian

Lokasi pengujian dilakukan di lantai pertama Gedung Robotika. Pada gambar 4 menunjukkan terdapat 9 titik sampel pada koridor gedung untuk menyimulasikan jalur operasi robot serta lokasi peletakan node. Node 1 bertindak komputer server, node 2 adalah node perantara dan node 3 sebagai robot akan diletakkan pada lokasi 1 hingga lokasi 9. Node 2 dan 3 akan terhubung ke node 1 menggunakan jaringan ad hoc.

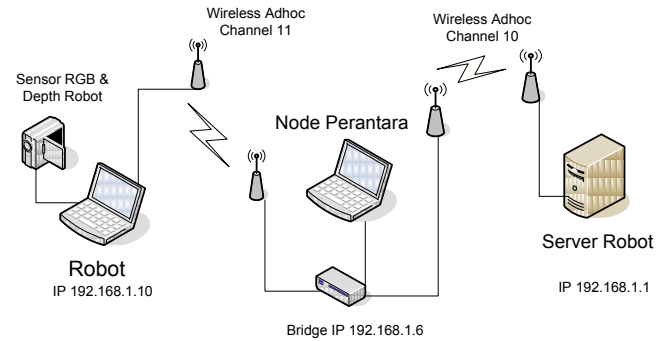
Pengujian performansi dilakukan selama 30 detik untuk masing-masing titik pengukuran dan dengan menggunakan bantuan software wireshark [9] yang terinstal pada komputer kontrol untuk mendapatkan nilai parameter – parameter performansi antara lain packet loss, delay, throughput, jitter, FPS (Frame per second).

Nilai FPS dihitung dengan menggunakan rumus :

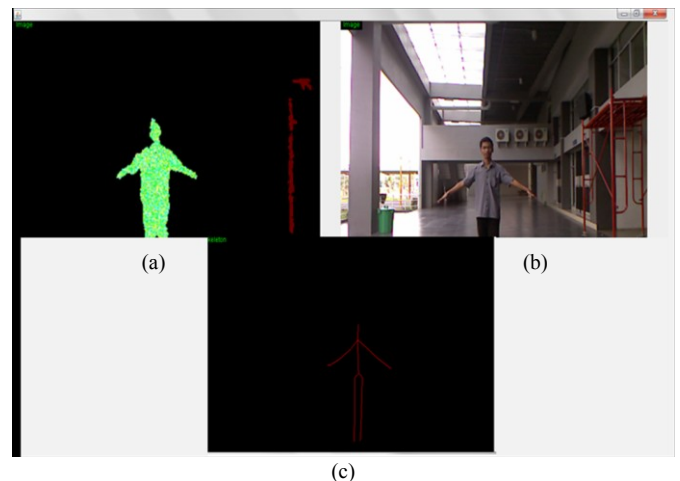
$$FPS = \frac{\text{Jumlah Byte Terukur}}{(\text{ukuran Frame Data video} \times \text{durasi pengukuran})} \quad (1)$$



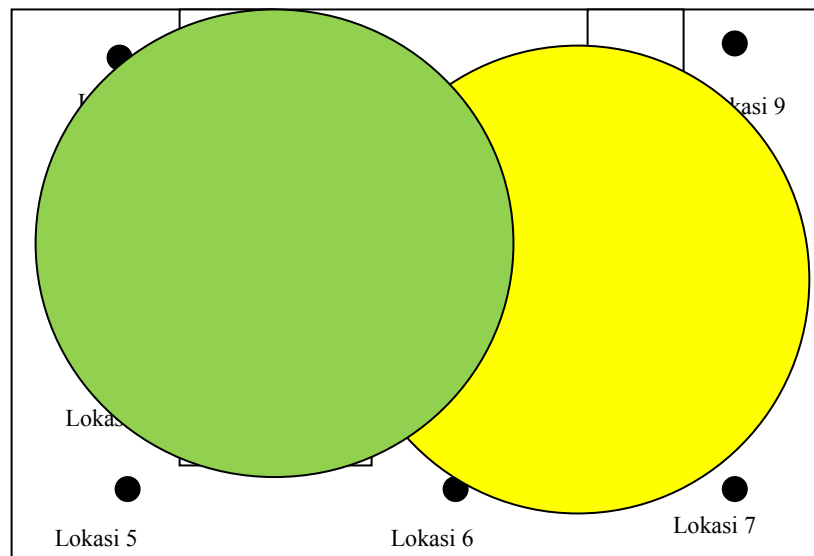
Gambar. 1. Komunikasi Langsung antara Robot dengan Server



Gambar. 2. Komunikasi Multihop antara Robot dengan Server



Gambar. 3. Data video depth (a) , Data Video RGB (b) dan skeleton (c)



Gambar. 4. Ilustrasi Cakupan Jaringan Adhoc dan Lokasi Peletakan Node dalam Gedung Pusat Robotika.

IV. EVALUASI PERFORMANSI

Sebelum menjalankan serangkaian skenario pengukuran, node 3 diletakkan pada lokasi 1 hingga 9 untuk melakukan uji konektivitas dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Uji konektivitas untuk berbagai lokasi

| Titik Lokasi Pengukuran | Jarak dengan Komputer Kontrol | Daya terima (dBm) | Keberhasilan Uji Koneksi (PING test) |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1                       | 43,39                         | -93               | Gagal                                |
| 2                       | 42                            | -89               | Gagal                                |
| 3                       | 41                            | -81               | Gagal                                |
| 4                       | 34                            | -86               | Gagal                                |
| 5                       | 47                            | -78               | Gagal                                |
| 6                       | 24                            | -58               | Gagal                                |
| 7                       | 22,22                         | -49               | Berhasil                             |
| 8                       | 4                             | -35               | Berhasil                             |
| 9                       | 6,5                           | -41               | Berhasil                             |

Oleh karena hanya di lokasi 7,8,9 dimana robot masih dapat melakukan komunikasi langsung dengan server maka skenario ke-1 transmisi video dapat dilakukan dengan hasil yang ditunjukkan pada 4gambar hingga 8 .

Untuk melakukan skenario pengukurururan ke-2 dimana robot melakukan komunikasi secara multihop dengan server maka dipilih lokasi 2,3 dan 4 sebagai titik pengujian dan meletakkan node 2 di tengah gedung robotika sebagai perantara. Hasil pengujian ditunjukkan oleh gambar 8 hingga 9.

Jika dilakukan analisa performansi sistem pada masing-masing skenario, pada scenario multi hop terjadi penurunan nilai performansi yang cukup signifikan. Hal ini sesuai dengan

[3] dimana pada topologi multihop akan terjadi degradasi performa parameter throughput setidaknya 50% pada setiap hop. Data video depth mempunyai nilai performansi yang lebih baik jika dibandingkan data video RGB. Ini dibuktikan oleh nilai packet loss yang lebih kecil, nilai throughput yang lebih besar, nilai packet delay yang lebih kecil, nilai jitter yang lebih kecil, dan nilai frame/detik yang lebih besar pada masing – masing kondisi kanal, pada data video depth jika dibandingkan dengan data video RGB. Hal ini disebabkan karena data video depth mempunyai ukuran data yang lebih kecil dibandingkan dengan data video RGB.

Sedangkan jika dilakukan analisa performansi sistem pada masing-masing lokasi didapatkan hubungan semakin dekat jarak node 3 dengan node 1 sebagai server maka kondisi kanal akan semakin baik. Pada skenario pertama, lokasi 8 mendapatkan nilai terbaik untuk parameter throughput yang lebih besar, nilai packet delay yang lebih kecil, nilai jitter yang lebih kecil, dan nilai frame/detik yang lebih besar pada masing – masing data video, jika dibandingkan dengan lokasi pengujian yang lain. Berdasarkan fenomena ini, dapat disimpulkan bahwa jarak yang semakin dekat akan membuat kondisi kanal menjadi lebih baik dan mempunyai nilai performansi sistem yang juga lebih baik. Untuk pengujian skenario kedua, lokasi 3 mendapatkan parameter performansi yang lebih baik dibandingkan lokasi 2 dan 4. Pada lokasi tersebut terhalang oleh dinding metal dan logam yang memengaruhi kondisi kanal terhadap node perantara. Kondisi kanal yang buruk mengakibatkan data rate transmisi jaringan ad hoc juga menurun karena penyesuaian kondisi kanal.

### A. Perbandingan Performansi antara Dua Skenario

Jaringan adhoc mengalami peningkatan jangkauan area yang signifikan, namun skenario multihop masih belum dapat menjangkau titik sampling 1 dan 5 seperti yang ditunjukkan pada tabel. Titik tersebut tidak dapat dijangkau oleh node perantara dikarenakan terdapat banyak halangan di sekitar lokasi berupa tembok berukuran tebal membuat daya terima wireless adapter menjadi sangat kecil sehingga robot dan node terdekat tidak mampu melakukan koneksi adhoc

**Tabel 2.** Perbandingan Konektivitas Masing-Masing Skenario

| Titik Sampling | Pengiriman Video |          |
|----------------|------------------|----------|
|                | Singlehop        | Multihop |
| 1              | Gagal            | Gagal    |
| 2              | Gagal            | Berhasil |
| 3              | Gagal            | Berhasil |
| 4              | Gagal            | Berhasil |
| 5              | Gagal            | Gagal    |
| 6              | Gagal            | Berhasil |
| 7              | Berhasil         | Berhasil |
| 8              | Berhasil         | Berhasil |
| 9              | Berhasil         | Berhasil |

Dalam monitoring lingkungan dalam area kerja robot berupa data video, parameter yang sangat penting diperhatikan antara lain *throughput*, FPS dan delay. Tabel 3 memaparkan perbandingan parameter antara kedua jenis skenario dengan menghitung nilai rata-rata yang telah didapatkan

**Tabel 3** Perbandingan Parameter antara 2 jenis skenario

| Parameter               | Single hop | Multihop | Selisih  |
|-------------------------|------------|----------|----------|
| Throughput RGB (Mbps)   | 4.568574   | 0.900453 | -80,29%  |
| Throughput Depth (Mbps) | 9.040669   | 1.396113 | -84,55%  |
| FPS RGB                 | 0.616507   | 0.097128 | -84,24%  |
| FPS Depth               | 2.338051   | 0.412126 | -82,37%  |
| Delay RGB (ms)          | 7.227209   | 16.87074 | +133,43% |
| Delay Depth (ms)        | 2.100334   | 5.587662 | +166,03% |

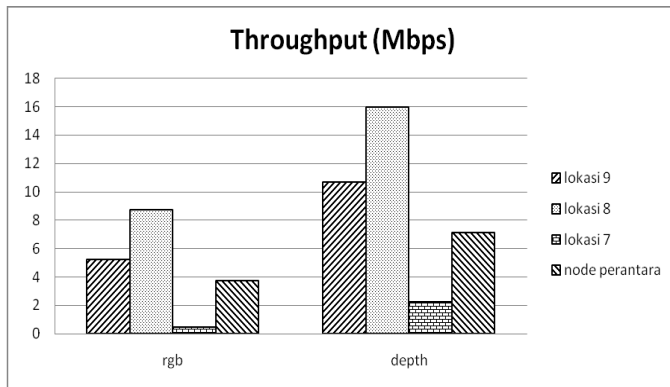
## V. KESIMPULAN

Makalah ini telah memaparkan implementasi komunikasi multihop dengan menggunakan *bridge* untuk menggabungkan dua segmen jaringan nirkabel mode ad hoc. Metode ini dapat mengatasi konektivitas yang terputus ketika robot berjarak sangat jauh dari komputer kontrol dengan menempatkan sebuah node perantara yang dapat menjangkau kedua node. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan skenario multihop menyebabkan penurunan performa yang cukup signifikan sebesar rata-rata 82,86% dibandingkan scenario single hop. Keterbatasan bandwidth dalam implementasi jaringan adhoc multihop standar IEEE 802.11 mengakibatkan nilai throughput yang rendah sehingga berkorelasi dengan nilai FPS yang rendah. Untuk pengembangan mendatang dapat ditambahkan

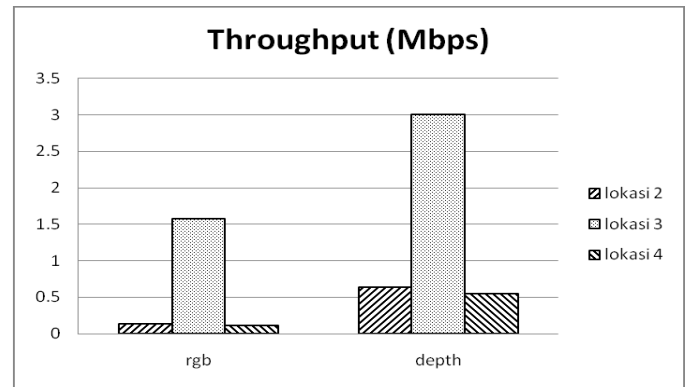
metode kompresi pada ukuran data frame video untuk meningkatkan performa agar tampilan visual video menjadi real-time yang membutuhkan nilai 30 FPS..

## DAFTAR PUSTAKA

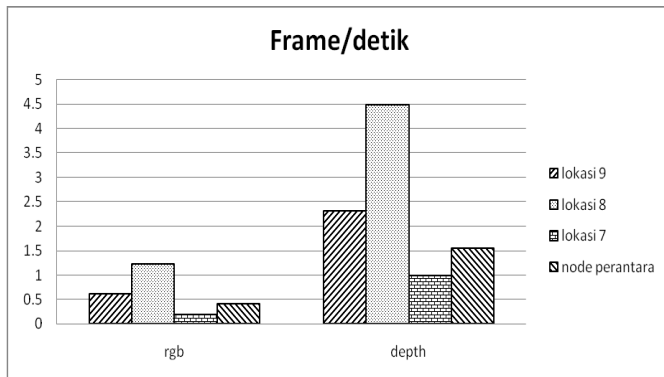
- [1] Rancang Bangun Robot ITS (RITS-01) untuk Aplikasi Pelayanan dan Keamanan Gedung. Proposal Penelitian Unggulan ITS. LPPM ITS Surabaya 2011
- [2] Hanno Wirtz, Tobias Heer, Robert Backhaus, Klaus Wehrle, "Establishing Mobile Ad-Hoc Networks in 802.11 Infrastructure Mode", WiNTECH '11 Proceedings of the 6th ACM international workshop on Wireless network testbeds, experimental evaluation and characterization, pp. 89-90, 2011
- [3] Winkler, M.; Palazzo, C.; Bartolozzi, M.; , "TCP Throughput Measurements and Analysis in Wireless Multi-Hop Networks," *Communications and Vehicular Technology in the Benelux, 2007 14th IEEE Symposium on* , vol., no., pp.1-6, 15-15 Nov. 2007
- [4] Elizabeth A. Thompsona, Eric Harmison, Robert Carper, Robert Martin, Jim Isaacs, "Robot teleoperation featuring commercially available wireless network cards", ELSEVIER Journal of Network and Computer Applications 29, pp 11–24, 2006.
- [5] Luciano Spinello, Kai O. Arras, "People Detection in RGB-D Data", Proceeding of 2011 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.3838-3843, San Francisco, September, 2011.
- [6] Matthew Gast, "802.11® Wireless Networks The Definitive Guide", O'Reilly, 2005
- [7] <http://kinectforwindows.org>
- [8] <http://sites.google.com/kinectTCP>
- [9] <http://wireshark.org>



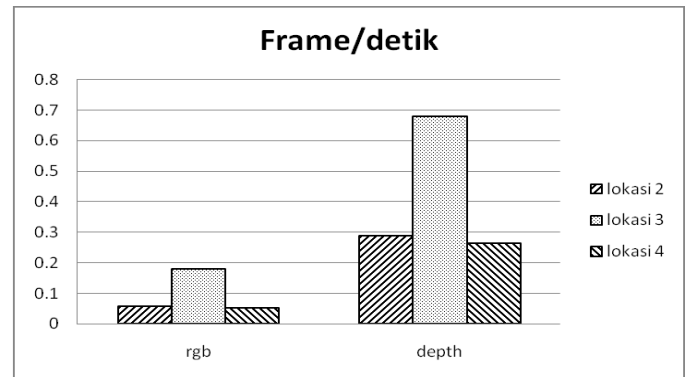
Gambar. 5. Grafik nilai *Throughput* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi untuk skenario pertama



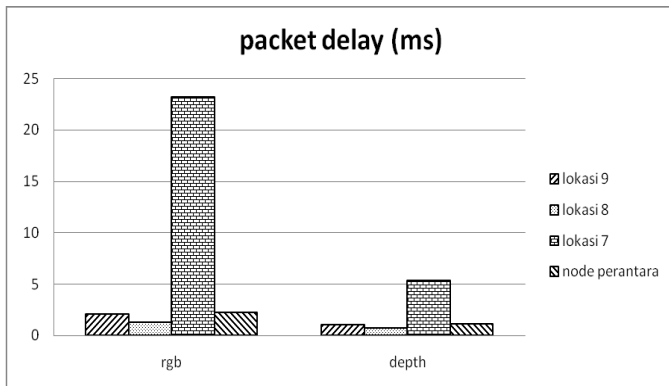
Gambar. 9. Grafik nilai *throughput* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi untuk skenario kedua



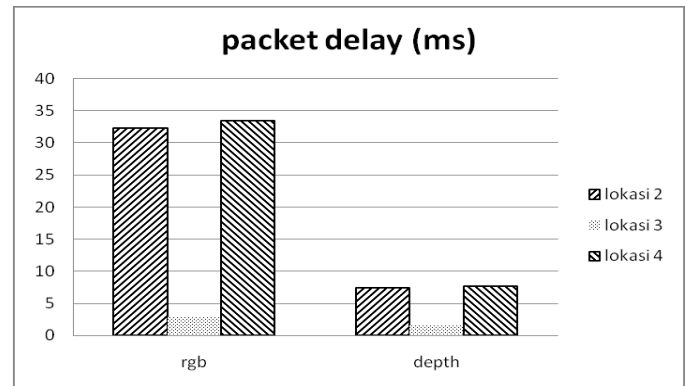
Gambar. 6. Grafik nilai *FPS* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi skenario pertama



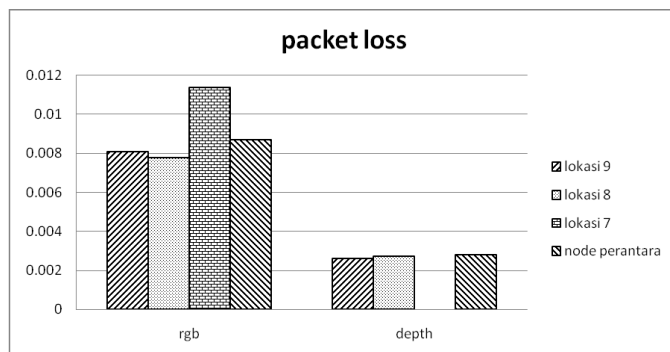
Gambar. 10. Grafik nilai *FPS* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi untuk skenario kedua



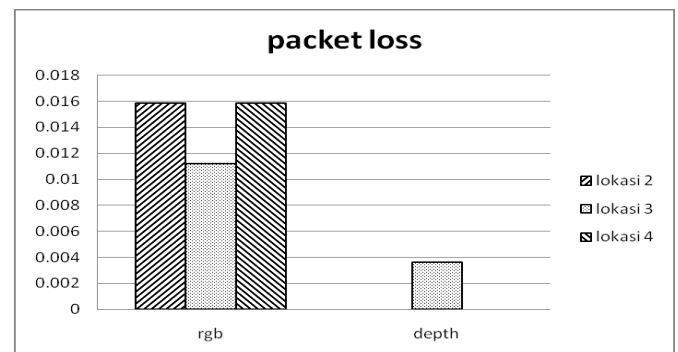
Gambar. 7. Grafik nilai *packet delay* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi untuk skenario pertama



Gambar. 11. Grafik nilai *packet delay* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi untuk skenario kedua



Gambar. 8. Grafik nilai *packet loss* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi untuk skenario pertama



Gambar. 12. Grafik nilai *packet loss* masing – masing data video pada masing – masing klasifikasi lokasi untuk skenario kedua