

## PENERAPAN PROTOKOL PUBLISH / SUBSCRIBE MESSAGING SYSTEM PADA SISTEM WIRELESS BUILDING NETWORK BERBASIS NRF24L01

Sarosa Castrena Abadi<sup>1</sup>, Anton Prafanto<sup>2</sup>, Mindit Eriyadi<sup>3</sup>, Aris Suryadi<sup>4</sup>, Givy Devira Ramady<sup>5</sup>

<sup>1,3,4</sup>Politeknik Enjinering Indorama

<sup>2</sup>Universitas Mulawarman

<sup>5</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Mandala

Email: <sup>1</sup>sarosa.castrena@pei.ac.id, <sup>2</sup>antonprafanto@fkti.unmul.ac.id, <sup>3</sup>mindit.eriyadi@pei.ac.id, <sup>4</sup>aris.suryadi@pei.ac.id, <sup>5</sup>givy.d.ramady@gmail.com

### Abstrak

*Wireless sensor network* merupakan sebuah metode yang umum digunakan dalam sebuah perancangan infrastruktur interkoneksi sumber daya berbagi pakai pada suatu titik lokasi sehingga mampu memberikan performa yang optimal. Faktor utama dalam perancangan sebuah protokol komunikasi *wireless sensor network* (WSN) berupa upaya optimalisasi koordinasi antar *node*, salah satu upaya efektif yang dapat dilakukan untuk mencapai kondisi tersebut berupa penyediaan *node* yang menggunakan protokol *publish / subscribe messaging system*. Penelitian ini membahas mengenai penerapan protokol *publish / subscribe messaging system* pada sistem *wireless building network* berbasis NRF24L01. Pembahasan meliputi simulasi, perancangan, implementasi, pengujian aplikasi dan kinerja sistem baik secara fungsi kerja maupun performa dari setiap *node*. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu memonitor semua informasi dan mengendalikan peralatan dari suatu gedung melalui antarmuka web memudahkan petugas dalam pemeliharaan dan pengawasan suatu gedung, kemudian untuk pengujian performa *node* dengan ukuran paket data tetap 32 byte, nilai delay untuk setiap *node* kurang dari 1 detik, kemudian untuk data rate 250 kbps throughput minimal yang diperoleh sebesar 5.9 Kbps dan throughput maksimal yang diperoleh sebesar 72 Kbps dan untuk packet loss minimal 0.59% sedangkan packet loss maksimal 13.23% dan nilai standar deviasi dari delay, throughput dan packet loss lebih kecil dari nilai rata-ratanya menunjukkan data tidak terlalu bervariasi (stabil).

**Kata Kunci:** WSN, IOT, Publish/Subscribe Messaging System, OPNET, NRF24L01.

### Abstract

*Wireless sensor network* is a common method used in the design of shared resource interconnection infrastructure at a location point to provide optimal performance. The main factor in the design of a *wireless sensor network* (WSN) communication protocol in the form of coordination optimization efforts between nodes, one of the effective methods that can be made to achieve such conditions is the provision of nodes using the *publish / subscribe messaging system* protocol. This research discusses the implementation of *publish / subscribe messaging system* protocol on *wireless building network* system based on NRF24L01. Discussions include simulation, design, implementation, application testing and system performance both on a work-to-work and performance-by-node performance. The results showed the system was able to monitor all information and control equipment from a building through a web interface making it easier for officers to maintain and supervise a building, then to test the performance of nodes with a fixed data packet size of 32 bytes, the delay value for each node is less than 1 second, then for the minimum throughput 250 kbps data rate obtained at 5.9 Kbps and the maximum throughput obtained at 72 Kbps and for packet loss of at least 0.59% while the maximum packet loss of 13.23% and the standard deviation value of delay, throughput and packet loss are smaller than the average value, the data is not very varied (stable).

**Keywords:** WSN, IOT, Publish/Subscribe Messaging System, OPNET, NRF24L01.

## I. PENDAHULUAN

Konsep dari suatu sistem *smart building* adalah integrasi dari desain bangunan maupun interior dengan jaringan terdistribusi, teknologi *embedded system* dan perangkat node yang digunakan baik dalam proses monitoring maupun proses kontrol kapanpun dari semua tempat (Nugroho & Nugroho, 2020).

*Smart building* umumnya tepat untuk di implementasikan di satu gedung atau lebih dalam satu area seperti area industri, perkantoran ataupun institusi pendidikan (Ghayvat et al., 2015). *Wireless Sensor Network* merupakan salah satu metode yang tepat untuk diterapkan pada sistem *smart building*. Pada proses implementasi *wireless sensor network* salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah penghematan energi untuk setiap *node* (I. Pratama & Suakanto, 2015). Salah satu solusi sebagai langkah penghematan energi tersebut adalah dengan penggunaan sejumlah protokol jaringan yang terkait dengan komunikasi antar *node – node* sensor (R. P. Pratama et al., 2017).

Sistem koordinasi antar *node* merupakan hal yang penting dalam merancang protokol komunikasi untuk sistem *wireless sensor network* (Tekin & Sahingoz, 2016), solusi efektif untuk masalah tersebut adalah dengan menyediakan *node* yang menggunakan *publish / subscribe messaging system*, dimana *node* sensor mempublikasikan data yang diperoleh dengan topik tertentu, sedangkan *node* aktuator melakukan *subscribe* data atau topik tertentu yang sesuai dan menerima data untuk segera di lakukan tindakan berdasarkan data yang ada (Albano & Chessa, 2009). Bentuk implementasi dari *wireless sensor network* salah satunya adalah *monitoring node* sensor, penerimaan data secara *real time* dan berbasis internet, di sinilah peranan *Internet of things* (IOT) pada *wireless sensor network* (Kumar & Venkatesh, 2018). *Internet of things* (IOT) menyediakan konsep dan teknologi agar sistem *wireless sensor network* dapat terhubung ke Internet sehingga informasi dapat diakses dari jarak jauh melalui gadget seperti laptop, *remote device*, server dan sebagainya (Ramady et al., 2019).

Penelitian ini membahas mengenai penerapan protokol *publish/subscribe messaging system* pada *wireless building network* berbasis NRF24L01 (Af'idah et al., 2014). Pembahasan penelitian meliputi analisis kinerja model wireless sensor network melalui simulasi dengan menggunakan aplikasi OPNET (Astiti et al., n.d.), desain sistem, implementasi sistem, pengujian kinerja protokol *publish/subscribe messaging system* pada *wireless*

*building network* berbasis NRF24101 (Septiano & Gozali, 2020).

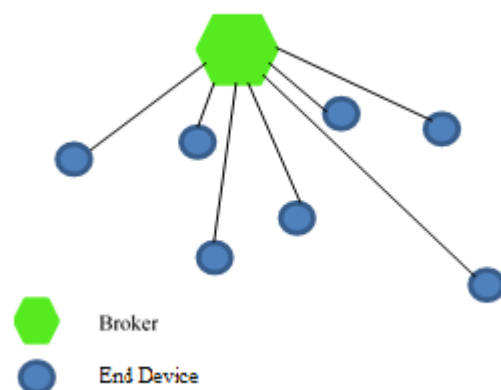
## II. METODE

### Perancangan Simulasi

Pada penelitian ini proses simulasi bertujuan untuk mengetahui prediksi mengenai jumlah *node publisher* yang sesuai untuk mendapatkan *throughput*, *delay* dan *Packet Loss* (Anggraini et al., 2014) maksimal. Hasil simulasi akan menjadi referensi sebelum proses implementasi ke sistem nyata. Proses simulasi menggunakan *software* OPNET, kemudian pada proses perancangan simulasi agar sistem yang dibuat dapat berjalan sesuai yang diinginkan maka diperlukan pengaturan parameter simulasi (Aravinth Raj & Venkatesh, 2018). Untuk mempermudah dan memperjelas pengaturan parameter simulasi maka parameter simulasi akan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar sebagai berikut.

Tabel 1 Konfigurasi Parameter Simulasi

Parameter	Spesifikasi
Network Simulator	OPNET Riverbed Modeler Academic Edition 17.5
Topologi	Star
Luas Area	100 m <sup>2</sup>
Waktu Simulasi	5 menit
Tipe Node	Fixed
Data Rate	250 Kbps
Ukuran Paket	38 Bytes



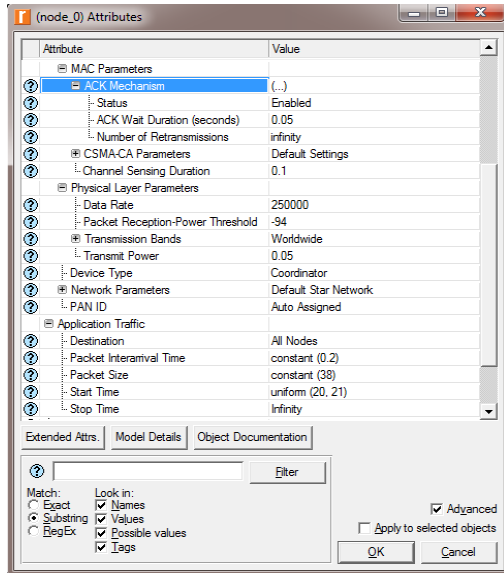
Gambar 1. Topologi Simulasi Jaringan WSN

Parameter topologi disesuaikan dengan studi kasus pada sistem wireless building network yang mana menggunakan topologi star dimana hanya ada 1 *node broker* yang bertindak sebagai koordinator dan beberapa *node end device / client* yang dapat bertindak sebagai *subscriber* dan sebagai *publisher*

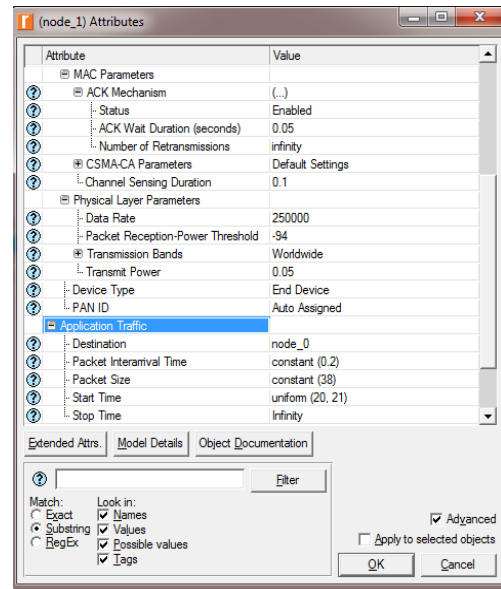
(Nuresalandis, 2017), kemudian luas area di simulasikan bahwa luas area kampus 100 m<sup>2</sup>, kemudian untuk type node dipilih *fixed node* karena node tersebut sifatnya statis tidak *mobile* (berpindah – pindah tempat). Karakteristik nyata yang terdapat pada *datasheet*, *data rate* pada NRF24L01 dapat di atur mulai dari 250 Kbps, 1Mbps dan 2 Mbps, namun semakin besar *data rate* yang digunakan sensitivitas semakin rendah maka pada simulasi ini menggunakan data rate 250 Kbps, kemudian jumlah paket diatur menjadi 38 *byte* dikarenakan paket tersebut terdiri dari 1 *byte preamble*, 3 *byte address*, 1 *byte* paket kontrol, 32 *byte* paket data dan 1 *byte* paket CRC.

Pada simulasi ini skenario dimulai dengan menggunakan 1 *node broker* dan 1 *node end device* kemudian dilakukan pengiriman paket data dari *node end device* ke *node broker* dan sebaliknya. Proses terus dilanjut dengan menambah 1 lagi *node end device* dan terus menambah *node end device* sampai mendapatkan jumlah *node end device* yang menghasilkan *throughput*, *delay* dan *Packet Loss* (Anggraini et al., 2014) maksimal.

Pengaturan parameter pada *node broker* dan setiap *node publisher* untuk setiap proses simulasi sama seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Parameter Node Broker

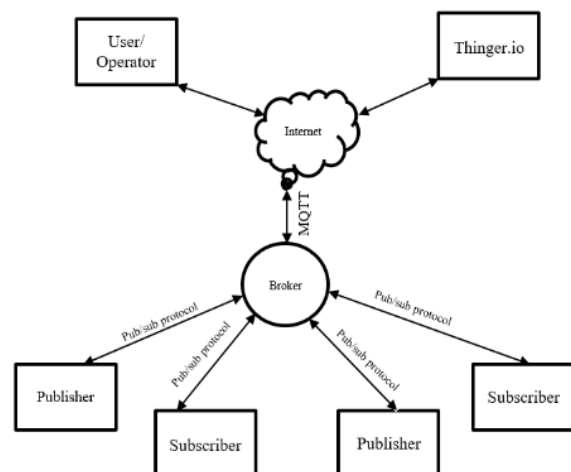


Gambar 3. Parameter Node End Device

### Perancangan Sistem

Pada penelitian ini perangkat yang dirancang secara umum memiliki 4 bagian utama, yaitu:

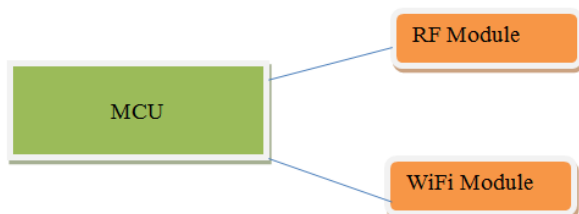
- *Broker* sebagai perangkat yang menjadi perantara komunikasi antara *Publisher* dan *Subscriber*.
- *Publisher* sebagai perangkat yang membaca sejumlah perangkat sensor dan mentransmisikan data tersebut ke *broker* agar data tersebut dapat di *subscribe*.
- *Subscriber* sebagai perangkat yang mengendalikan aktuator sesuai dengan data yang diperoleh dari *broker*.
- *Server*, sebagai perangkat yang mengintegrasikan data dari jaringan privat ke jaringan publik melalui internet.



Gambar 4. Topologi Sistem

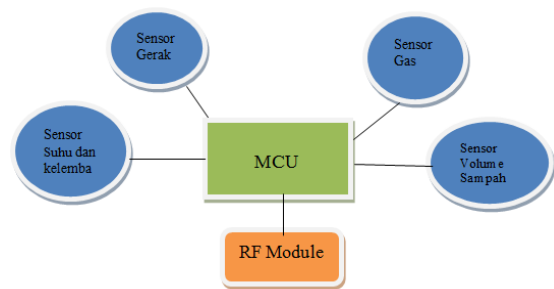
Pada sistem ini *broker* diintegrasikan dengan beberapa perangkat yang meliputi *node publisher* yang berisi (perangkat sensor), *node subscriber* (aktuator) yang meminta data dari *node broker*, data sensor yang diperoleh *publisher* ditransmisikan ke broker kemudian disimpan di server dan ditransmisikan ke subscriber yang membutuhkan data sesuai topic yang *subscriber* butuhkan. *Broker* juga menerima data kontrol dari server, data tersebut akan di *publish* ke perangkat *subscriber* yang ingin di kendalikan.

Studi kasus yang digunakan dalam penelitian adalah pemanfaatan perangkat *Wireless Sensor Network* pada prototipe sistem monitoring dan kontrol gedung. Beberapa parameter penting yang perlu di pantau serta yang perlu diberi peringatan pada sebuah gedung, diantaranya parameter gas, parameter gerakan, parameter cahaya, parameter suhu dan kelembaban, juga parameter status volume sampah. Beberapa parameter yang telah disebutkan memiliki peranan penting pada sistem keamanan gedung, seperti parameter gas dan parameter gerakan. Contohnya seperti peringatan terhadap gas atau asap yang umumnya dapat memicu munculnya api menyebabkan kebakaran. Selain itu parameter gerakan juga dapat digunakan untuk memonitoring ada atau tidaknya aktifitas di sebuah ruangan dan kemudian dibandingkan dengan parameter cahaya, sehingga penjaga gedung dapat memantau penggunaan lampu ruangan yang bila tidak ada aktifitas lampu tersebut seharusnya dimatikan. Kemudian parameter status tempat sampah yang menggunakan sensor ultrasonic untuk memantau penuh atau tidaknya tempat pembuangan sampah di setiap ruangan, sehingga penjaga gedung tidak perlu mengecek satu persatu tempat pembuangan sampah di setiap ruangan.



Gambar 5. Arsitektur *Hardware Broker*

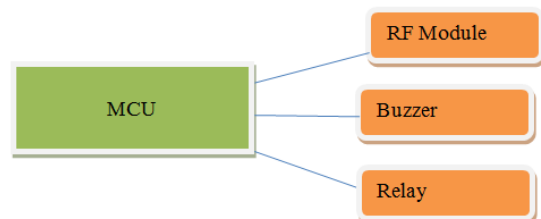
Spesifikasi MCU yang akan digunakan pada perangkat ini menggunakan Arduino uno dan perangkat transmisi radio berfungsi untuk menerima transmisi dari *publisher* dan yang mentransmisikan data ke *subscriber* menggunakan NRF24L01, sedangkan perangkat transmisi *wireless* yang berfungsi untuk mengirim data ke server menggunakan Nodemcu Esp 8266 (Shobrina et al., 2018).



Gambar 6. Arsitektur *Hardware Publisher*

Spesifikasi MCU yang digunakan modul *publisher* dan *subscriber* menggunakan Arduino nano dan modul transmisi radio yang dipakai tetap sama yaitu NRF24L01, perbedaannya arsitektur.

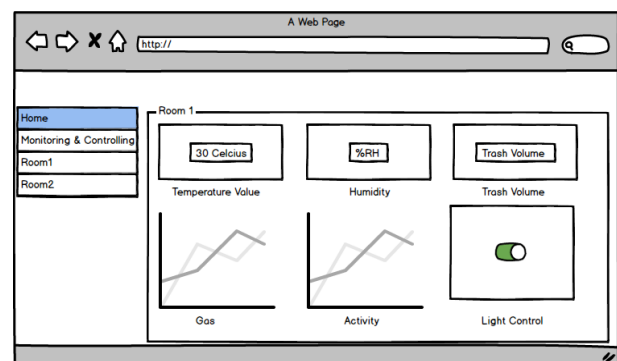
perangkat keras *publisher* diintegrasikan dengan beberapa perangkat sensor yang sesuai dengan kebutuhan untuk memonitoring keadaan ruangan pada sebuah gedung.



Gambar 7. Arsitektur *Hardware Subscriber*

Sedangkan pada modul subscriber MCU diintegrasikan dengan perangkat aktuator seperti *buzzer* dan relay.

Tampilan antarmuka direncanakan akan dibuat dalam bentuk web menggunakan aplikasi *cloud server* dari thinger.io, dimana web tersebut akan memuat data sensor dan panel kontrol untuk menyalakan dan mematikan lampu. Berikut ini rencana sketsa tampilan untuk halaman antarmuka web pada sistem *wireless building network*.

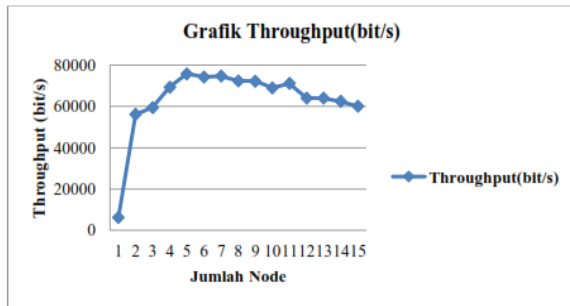


Gambar 8. Rencana sketsa tampilan untuk halaman antarmuka web pada sistem *wireless building network*.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

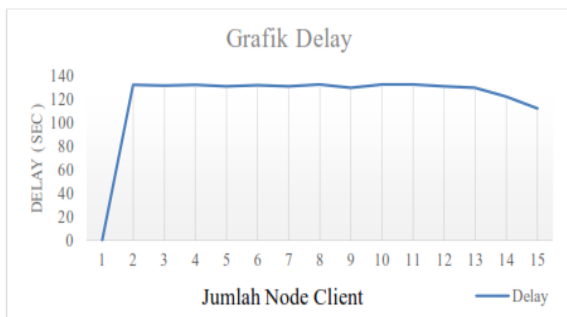
#### Hasil Pengujian Simulasi

Pengujian simulasi bertujuan untuk mencari jumlah *node* ideal yang menghasilkan *throughput*, *delay* dan *packet loss* terbaik untuk diimplementasikan pada sistem. Berikut grafik hasil pengujian simulasi.



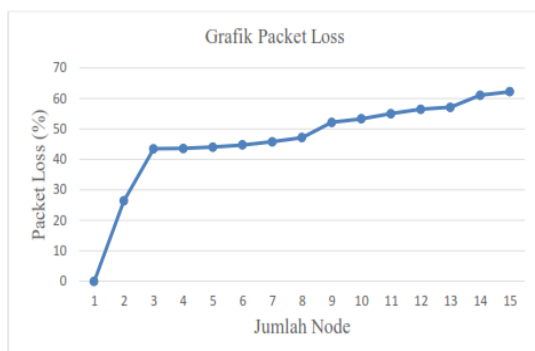
Gambar 9. Grafik *Throughput* Pada Broker

Berdasarkan hasil pengujian dapat diambil kesimpulan bahwa mencapai *throughput* maksimal yaitu sebesar 75799 bit/s atau ketika *node end device / client* sebanyak 5 node.



Gambar 10. Grafik *Delay* Pada Broker

Berdasarkan hasil pengujian dapat diambil kesimpulan bahwa delay maksimal yang dapat dicapai adalah sebesar 132,33 detik ketika jumlah *node end device / client* sebanyak 11 node

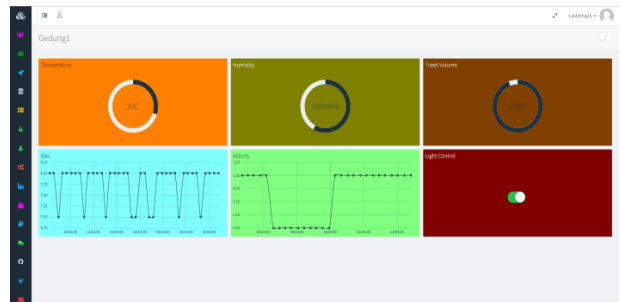


Gambar 11. Grafik *Packet Loss* Pada Broker

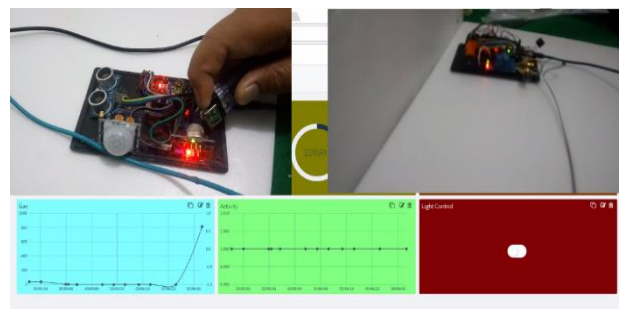
Berdasarkan hasil pengujian dapat diambil kesimpulan bahwa peningkatan *packet loss* berbanding lurus dengan jumlah *node end device / client*, semakin banyak *node end device / client* semakin besar juga *packet loss* yang terjadi

#### Pengujian Sistem

Pengujian sistem dimulai dengan menguji fungsi kerja aplikasi yang terdiri dari fungsi pemantauan dan kontrol, pada penelitian ini aplikasi yang digunakan untuk fungsi pemantauan dan control menggunakan aplikasi *cloud server* dari *thinger.io* dan protokol komunikasi yang digunakan untuk mengirim data dari *broker* ke *server thinger.io* yaitu protokol MQTT (Hanifah et al., 2018), berikut salah satu hasil pengujian aplikasi dan pengujian proses *publisher* mengirim data sensor gas ke *broker* untuk di *subscribe* oleh *subscriber* yang berfungsi menyalakan peringatan alarm menggunakan *buzzer* sebagai ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 12. Pengujian tampilan aplikasi untuk proses menampilkan dan monitoring data dari *node broker*



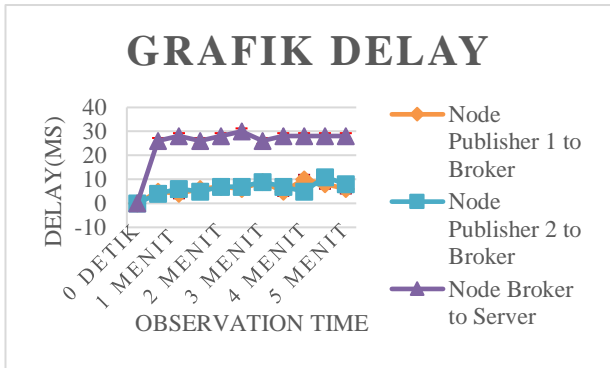
Gambar 13. Pengujian proses *publisher* mengirim data sensor ke *broker* untuk di *subscribe* oleh *subscriber*

Pengujian selanjutnya adalah pengujian performa sistem yang terdiri dari 2 skenario yaitu proses *publish* dari *publisher* ke *broker* dan kemudian diteruskan sampai ke server dan proses *subscribe* data sensor dan instruksi control dari server ke *broker* kemudian dilanjutkan ke *subscriber*. Berikut hasil pengujian performa sistem yang disajikan dalam bentuk grafik.



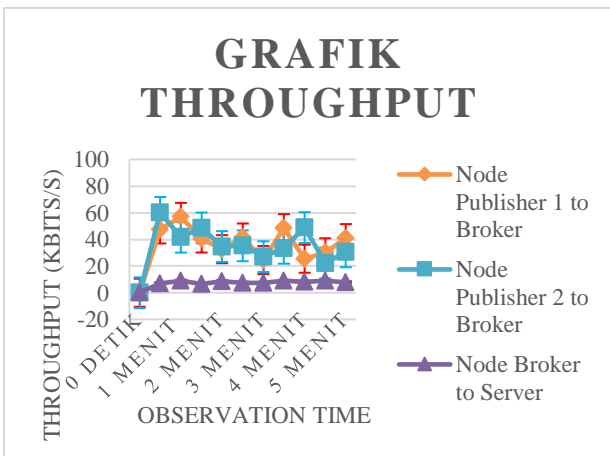
**Pengujian Publish data**

Hasil pengujian waktu *delay* dari masing – masing node dengan ukuran paket tetap sebesar 32 *byte* dan waktu pengujian selama 5 menit nilai rata-rata *delay* *publish* data dari *node publisher* 1 ke *broker*, *node publisher* 2 ke *broker* dan *broker* ke *server* masing - masing sebesar 6,6 ms, 6,3 ms dan 25,09 ms dengan standar deviasi masing – masing sebesar 1.897, 2.079 dan 1.265.



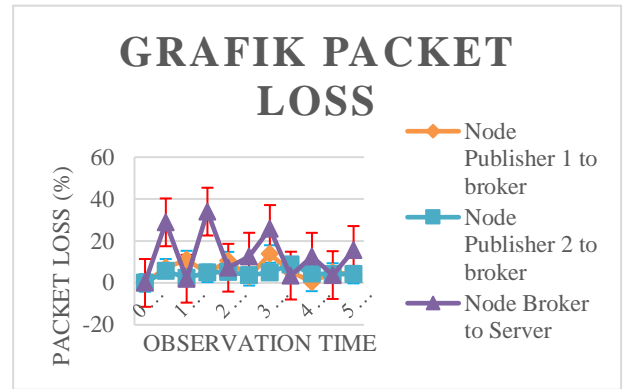
Gambar 14. Grafik *delay* waktu *publish* data dari *node publisher* sampai ke *server*

Hasil pengujian dengan ukuran paket tetap sebesar 32 *byte* nilai rata – rata *throughput* untuk proses *publish* data dari *node publisher* 1 ke *broker*, *node publisher* 2 ke *broker* dan *broker* ke *server* masing - masing sebesar 35 Kbits/s, 35 Kbits/s dan 7 Kbits/s dengan standar deviasi masing – masing sebesar 10.536, 11.548 dan 0.849



Gambar 15. Grafik *Throughput* *publish* data dari *node publisher* sampai ke *server*

Hasil pengujian dengan ukuran paket tetap sebesar 32 *byte*. Berdasarkan hasil pengujian rata – rata *packet loss* untuk proses *publish* data dari *node publisher* 1 ke *broker*, *node publisher* 2 ke *broker* dan *broker* ke *server* masing - masing sebesar 5,92%, 4,43% dan 13,23% dengan standar deviasi masing – masing sebesar 4.180, 1.680 dan 11.402.

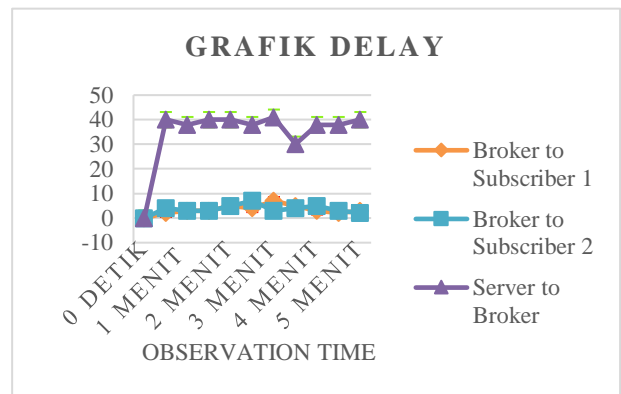


Gambar 16. Grafik *Packet Loss* *publish* data dari *node publisher* sampai ke *server*

**Pengujian Subscribe Data**

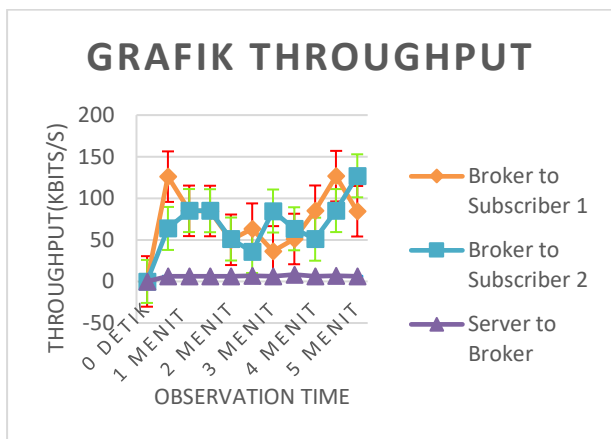
Pengujian ini terdiri dari pengujian proses *subscribe* baik data yang di *request* oleh *subscriber* ke *broker* maupun data yang di *request* oleh *broker* ke *server*.

Hasil pengujian waktu *delay* dari masing – masing *node* dengan ukuran paket tetap sebesar 32 *byte* dan waktu pengujian selama 5 menit nilai rata-rata *delay* untuk proses *subscribe* data yang di *request* oleh *node subscriber* 1 ke *node broker*, *subscriber* 2 ke *node broker* dan *node broker* ke *server* masing – masing sebesar 3,36 ms, 3,55 ms dan 34,82 ms dengan standar deviasi masing – masing sebesar 1.567, 1.449 dan 3.129.



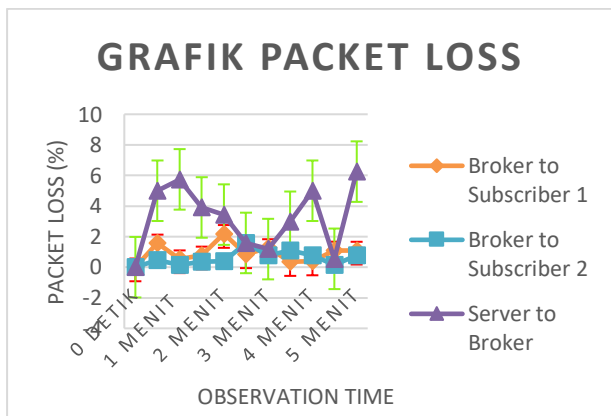
Gambar 17. Grafik waktu *delay* data dari *server* sampai ke *subscriber*

Hasil pengujian dengan ukuran paket tetap sebesar 32 *byte* nilai rata – rata *throughput* untuk proses *subscribe* data yang di *request* oleh *node subscriber* 1 ke *node broker*, *subscriber* 2 ke *node broker* dan *node broker* ke *server* masing – masing sebesar 72.01 Kbits/s, 66.54 Kbits/s dan 5.90 Kbits/s dengan standar deviasi masing – masing sebesar 30.379, 25.865 dan 0.668.



Gambar 18. Grafik *throughput* data dari *server* sampai ke *subscriber*

Hasil pengujian dengan ukuran paket tetap sebesar 32 *byte* nilai rata – rata *packet loss* untuk proses *subscribe* data yang di *request* oleh *node subscriber* 1 ke *node broker*, *subscriber 2* ke *node broker* dan *node broker* ke *server* masing – masing sebesar 0,91%, 0,59% dan 3,24% dengan standar deviasi masing – masing sebesar 0.91, 0.59 dan 3.24.



Gambar 19. Grafik *packet loss* data dari *server* sampai ke *subscriber*

#### IV. PENUTUP

##### Kesimpulan

1. Sistem wireless bulding network yang berbasis NRF24L01 dengan protokol *publish /subscribe messaging system* mampu memonitor semua informasi dan mengendalikan peralatan dari suatu gedung secara real time melalui antarmuka web memudahkan petugas dalam pemeliharaan dan pengawasan sumber daya gedung – gedung dari jarak jauh.
2. Berdasarkan hasil simulasi nilai *throughput* maksimal yaitu sebesar 75799 bit/s ketika *node end device / client* sebanyak 5 *node* dan *throughput* cenderung menurun kembali ketika jumlah *node end device / client* lebih dari 5 *node*, hal tersebut dikarenakan semakin banyak

*node* semakin banyak juga *packet loss* yang terjadi maka banyak *node* yang tidak berhasil mentransfer data.

3. Berdasarkan hasil simulasi *delay* maksimal yang dapat dicapai adalah sebesar 132,33 detik ketika jumlah *node end device / client* sebanyak 11 *node*.
4. Berdasarkan hasil simulasi peningkatan *packet loss* berbanding lurus dengan jumlah *node end device / client*, semakin banyak *node end device / client* semakin besar juga *packet loss* yang terjadi
5. Berdasarkan hasil pengujian nilai standar deviasi dari *delay*, *throughput* dan *packet loss* lebih kecil dari rata- ratanya maka hal tersebut menunjukkan data tidak terlalu bervariasi (stabil).
6. Berdasarkan hasil pengujian performa *node* dengan ukuran paket data tetap 32 *byte* nilai *delay* untuk setiap *node* kurang dari 1 detik, kemudian untuk *data rate* 250 kbps *throughput* minimal 5.9 Kbps dan *throughput* maksimal yang diperoleh sebesar 72 Kbps dan untuk *packet loss* minimal 0.59% sedangkan *packet loss* maksimal 13.23% maka sistem *wireless building network* yang menerapkan protokol *publish/subscribe* dengan menggunakan NRF24I01 dapat dikatakan bekerja dengan efektif dan cukup cepat.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Af'idah, D. I., Rochim, A. F., & Widiyanto, E. D. (2014). Perancangan jaringan sensor nirkabel (JSN) untuk memantau suhu dan kelembaban menggunakan nRF24L01+. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 2(4), 267–276.
- Albano, M., & Chessa, S. (2009). Publish/subscribe in wireless sensor networks based on data centric storage. *Proceedings of the 1st International Workshop on Context-Aware Middleware and Services: Affiliated with the 4th International Conference on Communication System Software and Middleware (COMSWARE 2009)*, 37–42.
- Angraini, D., Irawati, I., & Mayasari, R. (2014). Analisis Dan Simulasi Wireless Sensor Network (Wsn) Untuk Komunikasi Data Menggunakan Protokol Zigbee. *EProceedings of Engineering*, 1(1).
- Aravinth Raj, S., & Venkatesh, V. (2018). Implementation of Wireless Sensor Network with Low Cost and Low Power using Arduino

- and nRF24L01. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(18), 2095–2103.
- Astiti, N., Diafari, I., & Er, N. I. (n.d.). Analisis Pengaruh Jumlah Device Terhadap Performansi Standar Zigbee Pada Wsn Untuk Aplikasi Smart Building. *Jurnal SPEKTRUM*, 2(3), 79–85.
- Ghayvat, H., Mukhopadhyay, S., Gui, X., & Suryadevara, N. (2015). WSN-and IOT-based smart homes and their extension to smart buildings. *Sensors*, 15(5), 10350–10379.
- Hanifah, S., Akbar, S. R., & Amron, K. (2018). Implementasi Quality of Service pada Protokol Message Queue Telemetry Transport–Sensor Network (MQTT-SN) Berbasis Arduino dan NRF24L01. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN*, 2548, 964X.
- Kumar, C. K., & Venkatesh, V. (2018). Cloud based soil monitoring and smart irrigation system using IoT and precision farming. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(18), 2011–2020.
- Nugroho, D. N., & Nugroho, R. (2020). Penerapan Prinsip Performance-Based Smart Building Pada Perencanaan Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta. *Senthong*, 3(1).
- Nuresalandis, E. (2017). *Rancang Bangun Low Power Sensor Node Dengan Atmega328P Berbasis NRF24l01*. Universitas Brawijaya.
- Pratama, I., & Suakanto, S. (2015). Wireless Sensor Network. *Bandung: Informatika*.
- Pratama, R. P., Akbar, S. R., & Bhawiyuga, A. (2017). Rancang Bangun Low Power Sensor Node Menggunakan MSP430 Berbasis NRF24L01. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN*, 2548, 964X.
- Ramady, G. D., Hidayat, R., Syafruddin, R., Mahardika, A. G., & Hakim, R. R. (2019). Sistem Monitoring Data pada Smart Agriculture System Menggunakan Wireless Multisensor Berbasis IoT. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 4, E51–E58.
- Septiano, A., & Gozali, T. (2020). Nrf 24l01 Sebagai Pemancar/Penerima Untuk Wireless Sensor Network. *Jurnal Tekno*, 17(1), 26–34.
- Shobrina, U. J., Primananda, R., & Maulana, R. (2018). Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24l01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN*, 2548, 964X.
- Tekin, Y., & Sahingoz, O. K. (2016). A Publish/Subscribe messaging system for wireless sensor networks. *2016 Sixth International Conference on Digital Information and Communication Technology and Its Applications (DICTAP)*, 171–176.