

ANALISIS KINERJA TRANSMISI DATA ANTAR NODE DAN NODE KE SERVER DENGAN PARAMETER QoS PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL

Khoerul Fajri^{*}), Imam Santoso dan Teguh Prakoso

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

E-mail: khoerulfajri1999@gmail.com

Abstrak

Pencemaran air irigasi oleh limbah mengakibatkan kerusakan kualitas tanaman dan hasil panen. Agar petani bisa segera bertindak ketika air irigasi berkualitas rendah, diperlukan suatu sistem pemantauan suhu, pH dan kadar oksigen dari air yang masuk ke sawah. Jaringan sensor nirkabel dapat digunakan sebagai sistem pemantauan kualitas air dengan menempatkan beberapa *node* sensor di area persawahan. Secara berkala *node* sensor mengirimkan data kualitas air ke *gateway* untuk selanjutnya dikirimkan ke *web server* sehingga data bisa dipantau oleh petani. Pembahasan ini mengevaluasi *Quality of Service* (QoS) link antara *node* sensor ke *gateway* dan merancang tampilan hasil pemantauan pada *web server*. Pengukuran QoS yang dilakukan terdiri atas dua bagian yaitu (1) pengukuran jarak maksimum dan *path calculation* dari *node* sensor ke *gateway*, dan (2) pengukuran *delay*, *throughput*, *packet loss*, *jitter* dari *node sink* ke *server*. Hasil pengukuran jarak maksimum untuk kondisi LOS adalah 1000 m dan kondisi NLOS adalah 245 m. Hasil pengukuran QoS adalah *delay* sebesar 0,049437 ms, *throughput* sebesar 15553,7 bps, *packet loss* sebesar 0% dan *jitter* sebesar 0,049047 ms. Berdasar standar *TIPHON* dapat disimpulkan bahwa jaringan termasuk dalam kategori “Sangat Bagus”. Data hasil pengukuran kualitas air berhasil ditampilkan pada *web server* berupa nilai dan grafik.

Kata kunci: Jaringan sensor nirkabel, kualitas air, kinerja jaringan, QoS.

Abstract

Pollution of irrigation water by waste causes damage to crop quality and crop yields. In order for farmers to act immediately when irrigation water is of low quality, a system for monitoring the temperature, pH and oxygen levels of the water entering the fields is needed. The wireless sensor network can be used as a water quality monitoring system by placing several sensor nodes in the rice fields. Periodically the sensor node sends water quality data to the gateway to be then sent to the web server so that the data can be monitored by farmers. This discussion evaluates the Quality of Service (QoS) link between the sensor nodes to the gateway and designs the display of monitoring results on the web server. The QoS measurement consists of two parts, namely (1) measurement of the maximum distance and path calculation from the sensor node to the gateway, and (2) measurement of delay, throughput, packet loss, jitter from the sink node to the server. The result of the maximum distance measurement for LOS conditions is 1000 m and for NLOS conditions is 245 m. The results of the QoS measurement are delay of 0.049437 ms, throughput of 15553.7 bps, packet loss of 0% and jitter of 0.049047 ms. Based on the TIPHON standard, it can be concluded that the network is in the “Very Good” category. The water quality measurement results are successfully displayed on the web server in the form of values and graphs.

Keywords: Wireless sensor network, water quality, network performance, QoS.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan mayoritas mata pencaharian penduduknya adalah bertani. Dalam pertanian atau persawahan air merupakan salah satu komponen yang sangat diperlakukan untuk meningkatkan kualitas serta mendapatkan produksi pangan yang baik. Untuk itu

pengaliran air yang efisien dan efektif adalah hal yang penting bagi lahan pertanian agar dapat mengaliri tanaman-tanaman di persawahan sesuai dengan kebutuhan dan tentunya kualitas air yang dialirkan adalah baik.

Kelurahan Jabungan berada di pinggir kota dengan luas wilayah 2.265 Ha yang letaknya cukup strategis karena berada di pinggir wilayah Kecamatan Banyumanik Kota Semarang. Jumlah penduduk sebanyak 4.094 Jiwa dimana 80% masyarakatnya bertempat tinggal di kawasan

pemukiman pedesaan dan padat penduduknya dan terbagi menjadi menjadi 6 Rukun Warga dan terdiri dari 30 Rukun Tetangga. Kelurahan Jabungan memiliki luas sawah 566,25 Ha atau 35% dari luas wilayahnya. Pada Kelurahan Jabungan para petani biasanya memanen sawahnya tiga kali dalam setahun. Dimana rata-rata hasil panennya bagus, namun tidak dipungkiri kadang hasilnya tidak sesuai harapan. Para petani mengklaim bahwa penyebab hasil panen tidak seperti biasanya adalah dikarenakan kualitas air yang tidak sama. Penyebab kualitas air yang tidak seperti biasanya adalah karena tercampurnya air irigasi dengan air limbah, yang pasti tingkat keasaman dan kadar oksigennya tidak layak untuk pertumbuhan padi. Para petani mengeluh kualitas air yang buruk dapat menyebabkan kualitas padi dan jumlah yang dihasilkan menurun. Atas dasar permasalahan permasalahan tersebut, maka diperlukannya suatu sistem pemantauan kualitas air irigasi guna mengingatkan petani agar bertindak cepat apabila air irigasi berkualitas rendah.

Pemantauan kualitas air merupakan penganalisaan kondisi air sungai dengan cara pengambilan sampel air secara berkala guna mengetahui karakteristiknya. Pemantauan ini biasanya merupakan pemantauan yang dilakukan sumber air tawar seperti halnya air dari sungai, kolam, waduk, danau, aliran air, sumur, air tanah permukaan, lahan basah, dan air di gua. Pemantauan ini bertujuan untuk meyakinkan para pengguna bahwa sumber air tersebut aman untuk dikonsumsi dan dapat dipergunakan untuk keperluan makhluk hidup [1]. Pemantauan kualitas air irigasi dapat dilakukan dengan jaringan sensor nirkabel.

Jaringan sensor nirkabel (JSN) adalah suatu jaringan nirkabel yang berupa *node-node* dimana terdiri dari sensor, baterai dan mikrokontroler yang diletakkan secara terpisah guna memantau suatu lokasi dengan titik yang berbeda-beda [2]. Penerapan jaringan menggunakan kabel sulit dilakukan dikarenakan diperlukannya modifikasi kabel supaya terlindungi dan jauh dari mengganggu lingkungan. Instalasi jaringan dengan media kabel juga diperlukan biaya yang tidak sedikit dan tidak bisa diterapkan pada suatu aplikasi jaringan yang berupa pemantauan. Selain itu, jaringan dengan media kabel juga kurang fleksibel, karena apabila ada modifikasi instalasi jaringan, maka harus mengatur ulang dari awal. Oleh karena itu, Teknologi JSN adalah solusi yang tepat untuk pemecahan masalah pada pemantauan kualitas air ini.

JSN mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan teknologi jaringan yang masih menggunakan kabel. Beberapa kelebihannya adalah proses transmisi data lebih murah untuk diterapkan dalam skala besar dan dapat bertahan dalam lingkungan yang ekstrim serta JSN relative lebih stabil dalam hal transmisi data [3]. Salah satu perangkat yang dapat digunakan sebagai media transmisi pada JSN adalah NRF24I01. Pada NRF24I01 menggunakan frekuensi radio dalam pengiriman datanya. Spesifikasi yang diberikan oleh NRF24I01 adalah dapat melakukan transmisi hingga jarak 1,1 km. Akan tetapi pada kondisi LOS (*line of sight*) dan NLOS (*non line of sight*) masih belum diketahui jarak yang paling efisien.

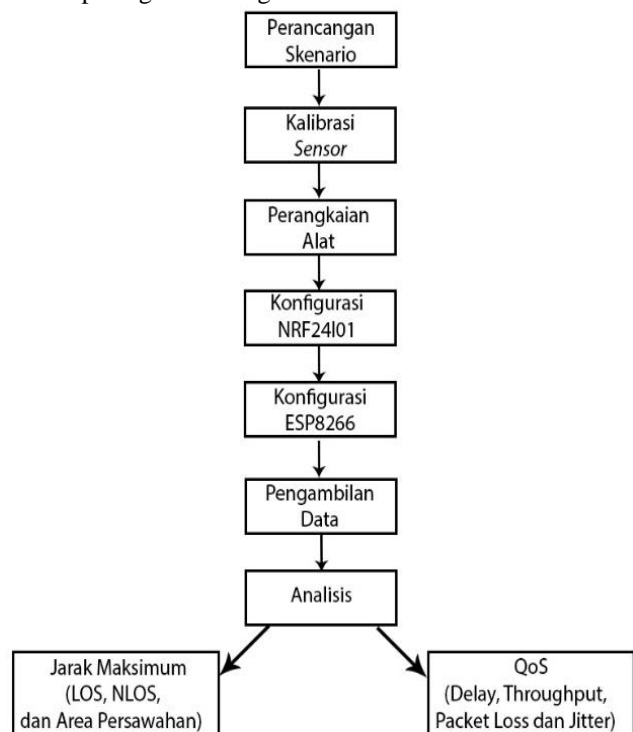
Berdasarkan uraian masalah diatas, maka diperlukannya pengujian dan analisa lebih lanjut terkait jarak efisien transmisi data pada kondisi LOS ataupun

NLOS. Supaya sistem dapat digunakan semaksimal mungkin dalam hal transmisi data. Sekaligus pada pengujian ini dilakukan analisis QoS pengiriman data ke *web server*. Atas dasar tersebut, maka dibuatkan Tugas Akhir dengan judul Analisis Kinerja Transmisi Data Antar *Node* dan *Node* ke *Server* dengan Parameter QoS pada Jaringan Sensor Nirkabel.

2 Metode

Metode perancangan sistem secara keseluruhan dimulai dengan pembuatan skenario kemudian dilanjutkan dengan kalibrasi sensor, perangkaian alat, konfigurasi NRF24I01 dan konfigurasi ESP8266. Setelah itu dilakukan pengambilan data dengan melakukan pengujian jarak transmisi dalam keadaan LOS, NLOS dan jarak transmisi di area persawahan serta pengukuran QoS pada ESP8266 saat mengirimkan data ke *web server*.

Metode perancangan sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar diagram alir berikut:



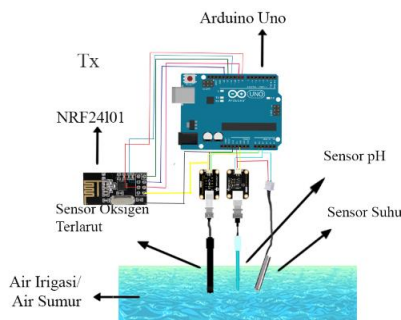
Gambar 1. Diagram Perancangan Sistem

2.1. Perancangan Hardware

Air irigasi memiliki berbagai macam jenis zat yang terkandung didalamnya [4]. Dalam hal ini air irigasi tersebut akan digunakan untuk diketahui tingkat mutu airnya dengan berbagai sensor yaitu sensor derajat keasaman atau pH, sensor suhu dan sensor oksigen terlarut dalam air irigasi tersebut. Sensor yang digunakan terlebih dahulu dihubungkan ke arduino yang dimana *board* tersebut terhubung dengan NRF24I01 *transceiver*. Selanjutnya, data dikirim ke Arduino yang terhubung NRF24I01 receiver yang kemudian akan dikirim ke web server melalui ESP8266 dan *Mifi Andromax* sebagai penyedia koneksi internet. Sebagai daya listrik Arduino menggunakan *power bank* dengan tegangan 5 volt dan kapasitas 10000 mAh.

Arduino akan mengirimkan data ke *server* dengan pengiriman data sekitar 10 detik dan tambahan jeda waktu dari koneksi modul ESP8266 sekitar 20 detik. Durasi waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman data menggunakan ESP8266 bergantung pada kualitas jaringan suatu *provider* kartu yang digunakan pada *Mifi Andromax*.

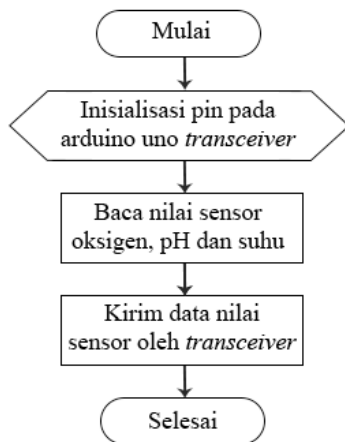
Pada perancangan *hardware* terdapat 2 *node* yang saling berkomunikasi, dimana *node sensor* sebagai pengambilan data sensor di perairan. Disini *node sensor* sebagai *transceiver* yang akan mengirimkan data ke *receiver*. Berikut rangkaian pada *node sensor* atau *transceiver* :



Gambar 2. Rangkaian pada *node sensor* atau *transceiver*

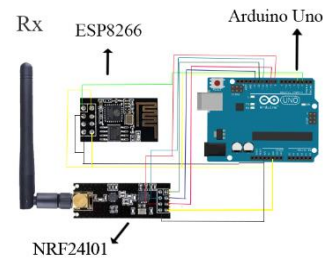
Komponen-komponen yang terdapat pada *node sensor* atau *transceiver* adalah Sensor suhu NTC 3950 10k, Sensor pH SEN 0161 V1, Sensor oksigen SEN0237, Arduino UNO dan NRF24101 sebagai *transceiver*.

Berikut diagram alir pengiriman data pada *transceiver*:



Gambar 3. Diagram alir pengiriman data pada *transceiver*

Kemudian setelah pengiriman data yang dilakukan oleh *transceiver*, data akan diterima oleh *receiver* yang mana yang mana data akan dikumpulkan dan ditransmisikan kembali ke *web server*. Berikut rangkaian *receiver* pada sistem:



Gambar 4. Rangkaian pada *receiver*

Rancangan sistem komunikasi nirkabel pada *receiver* menggunakan NRF24101 sebagai komunikasi antar *node* dan komunikasi ke *web server* menggunakan ESP8266. Sama halnya dengan *transceiver*, *power supply* pada *receiver* menggunakan *power bank* dengan tegangan yang dipakai adalah 5 volt dan kapasitas *power bank* 10000 mAh.

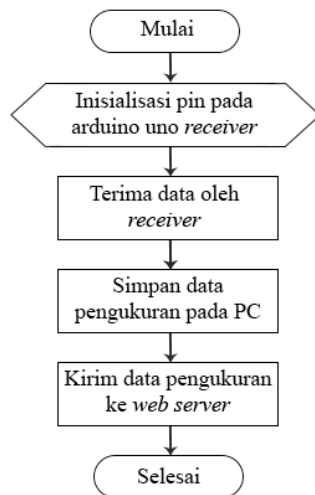
pengiriman data ke *web server* menggunakan method GET yang mana pada pengiriman nilai sensor pH memakai inisial “p”, pengiriman nilai sensor oksigen memakai inisial “d”, dan pengiriman nilai sensor suhu memakai inisial “s”. Untuk *source code* lengkap terdapat di lampiran. *Source code* pada *receiver* akan menampilkan informasi “ESP8266 cek cek” sebagai informasi awal. kemudian program akan membaca *username* wifi dan *password* wifi pada *source code*. Ketika terkoneksi, maka akan terdapat informasi “ESP8266 SIAP” dan ketika tidak terhubung, baik itu jangkauan melebihi batas atau karena terdapat banyak penghalang yang menyebabkan lebih kecilnya jarak yang dicapai, maka *serial monitor* akan menampilkan informasi “Tidak Ada Response dari ESP8266”. Saat jarak transmisi terjangkau, maka *serial monitor* pada *receiver* akan menampilkan data nilai sensor yang dikirim oleh *transceiver*. Setelah data diterima oleh *receiver*, data akan dikirim ke *web server* yang mana akan tampil “SEND OK” pada *serial monitor* saat data tersebut berhasil terkirim ke *web server*. Berikut tampilan *serial monitor* pada *receiver* :

```

COM6
16:05:11.335 ->
16:05:11.335 -> SEND OK
16:05:11.335 ->
16:05:11.335 -> +IPD,296:<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//end
16:05:14.335 -> Panjang: 16
16:05:14.335 -> 29 | 8 | 368 → Data nilai sensor yang dikirim transceiver
16:05:14.375 -> AT+CIPSTART="TCP","192.168.1.20",80
16:05:19.485 -> >GET /c/a.php?p=8&d=368&s=29HTTP/1.1
16:05:19.485 ->
16:05:21.555 ->
16:05:21.555 -> Recv 37 bytes
16:05:21.555 ->
16:05:21.555 -> SEND OK → Data berhasil terkirim ke web server
  
```

Gambar 5. Tampilan *serial monitor* pada *receiver*

Berikut diagram alir penerimaan dan pengiriman data oleh *receiver*:



Gambar 6. Diagram alir penerimaan dan pengiriman data oleh *receiver*

2.2. Pengujian Transmisi Data dengan Kondisi LOS

Pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi LOS (*Line Of Sight*) ini sedapat mungkin antara *transceiver* dan *receiver* tidak ada penghalang antara keduanya dan memvariasi jarak sampai pada kondisi *receiver* tidak dapat menerima data dari *transceiver*.

2.3. Pengujian Transmisi Data dengan Keadaan NLOS Pada Posisi Datar

Pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi NLOS (*None Line Of Sight*) dengan posisi datar ini antara *transceiver* dan *receiver* dibuat ada penghalang dan memvariasi jarak sampai pada kondisi *receiver* tidak dapat menerima data dari *transceiver*.

2.4. Pengujian Transmisi Data dengan Keadaan NLOS Pada Posisi Tak Datar

Pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi NLOS (*None Line Of Sight*) dengan posisi tak datar ini antara *transceiver* dan *receiver* dibuat ada penghalang, memvariasi sudut transmisi dan jarak sampai pada kondisi *receiver* tidak dapat menerima data dari *transceiver*.

2.5. Pengujian Transmisi Data dengan Keadaan NLOS Pada Posisi Tak Datar

Pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 di area persawahan ini dengan memvariasi jarak sampai pada kondisi *receiver* tidak dapat menerima data dari *transceiver*.

2.6. Path Calculation Transmisi

Path calculation transmisi merupakan perhitungan daya pancar sinyal dari pemancar sampai ke penerima, sehingga informasi yang ada di dalam sinyal tersebut dapat diterima dengan baik dengan adanya sinyal gangguan (*noise*) dan pelemahan sinyal (*absorbtion* dan *attenuation*). Parameter-parameter yang mempengaruhi kondisi propagasi suatu kanal transmisi adalah sebagai berikut:

Daya Pemancar (*Tx Power*), Semua radio akan mempunyai daya pancar tertentu. Daya pancar ini menentukan energi yang ada sepanjang lebar bandwidth tertentu.

Penguat Antena (*Gain*), Penguatan antenna adalah besarnya penguatan energi yang dapat dilakukan oleh antenna pada saat memancarkan dan menerima sinyal.

Rugi-Rugi Propagasi, Perambatan gelombang radio di ruang bebas dari stasiun pemancar ke stasiun penerima akan mengalami penyebaran energi di sepanjang lintasannya, yang mengakibatkan kehilangan energi yang disebut rugi (redaman) propagasi. Rugi propagasi adalah akumulasi dari redaman saluran transmisi, redaman ruang bebas (*free space loss*), redaman oleh gas (atmosfer), dan redaman hujan. Redaman saluran transmisi ditentukan oleh *loss feeder* dan *branching*. Redaman *feeder* terjadi karena hilangnya daya sinyal sepanjang *feeder*, sehingga redaman *feeder* identik dengan panjang dari *feeder* tersebut. Sedangkan redaman *branching* terjadi pada percabangan antara perangkat transmisi radio Tx/Rx.

FSL (*Free Space Loss*) merupakan redaman sinyal yang terjadi akibat dari media udara yang dilalui oleh gelombang radio antara pemancar dan penerima. Perambatan gelombang radio di ruang bebas akan menghalangi penyebaran energi di sepanjang lintasannya sehingga terjadi kehilangan energi. Untuk mengetahui kondisi point to point dengan saluran transmisi, maka perhitungan redaman ruang bebasnya menggunakan rumus model propagasi umum (Free Space Loss) sebagai berikut:

$$FSL \text{ (dB)} = 20 \log (d) + 20 \log (f) + 92,44 \quad (1)$$

Dimana:

f = frekuensi kerja (GHz)

d = panjang lintasan propagasi (Km)

Sensitivitas Penerima Radio, Rx adalah kependekan dari "Receive" atau penerima. Semua radio mempunyai titik minimal, dimana jika sinyal yang diterima lebih rendah dari titik minimal tersebut maka data yang dikirim tidak dapat diterima. Titik minimal sensitifitas Rx didefinisikan dalam dBm atau W.

Perhitungan EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*), EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antenna di bumi, dapat dihitung dengan rumus:

$$EIRP = P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} \quad (2)$$

Dimana :

P_{Tx} = daya pancar (dBm)

G_{Tx} = penguatan antenna pemancar (dB)

L_{Tx} = rugi-rugi pada pemancar/feeder loss (dB)

Perhitungan RSL (*Receive Signal Level*), adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima (RSL R_{th}). Sensitivitas perangkat penerima merupakan kepekaan suatu perangkat pada sisi penerima yang dijadikan ukuran threshold. Nilai RSL dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{Rx} - L_{Rx} \quad (3)$$

Dimana :

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

$L_{propagasi}$ = rugi-rugi gelombang saat berpropagasi (dB)

G_{Rx} = penguatan antenna penerima (dB)

L_{Rx} = rugi-rugi pada pemancar/feeder loss (dB)

Fading margin, adalah level daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai di penerima dan level sensitivitas penerima.

$$F = RSL - R_{th} \quad (4)$$

Dimana :

RSL = level daya terima (dBm atau dBw)

R_{th} = level sensitivitas penerima (*threshold*) (dB)

2.7. Pengukuran Delay

Pengukuran *delay* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\text{Jumlah Delay}}{\text{Jumlah Paket}} \quad (5)$$

Kategori *delay* menurut *TIPHON* disajikan di Tabel 1.

Tabel 1. Standar delay versi TIPHON [5]

Kategori Latensi	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat Bagus	< 150	4
Bagus	150 - 300	3
Sedang	300 - 450	2
Jelek	> 450	1

Pengukuran *delay* menggunakan aplikasi *wireshark*. Pertama masuk ke aplikasi *wireshark*, kemudian pilih *wifi* sebagai *interface* yang digunakan. Kemudian pilih *Capture* dan klik *start*. Tunggu waktu hingga 1 menit. Setelah selesai klik *stop* kemudian pada kolom pencarian ketik *tcp* lalu masuk ke menu *File* pilih *Export Packet Dissection* setelah itu pilih *As CSV*, yang mana data akan diubah ke *file* dalam format *CSV*. Kemudian buka *file* yang di *export* tadi dan hitung *delay* menggunakan persamaan 5.

2.8. Pengukuran Throughput

Pengukuran *throughput* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata Throughput} = \frac{\text{Jumlah Paket}}{\text{Waktu Total}} \quad (6)$$

Kategori *throughput* menurut *TIPHON* disajikan di Tabel 2.

Tabel 2. Standar throughput versi TIPHON [5]

Kategori Throughput	Besar Throughput (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	< 25	1

Pengukuran *throughput* menggunakan aplikasi *wireshark*. Pertama masuk ke aplikasi *wireshark*, kemudian pilih *wifi* sebagai *interface* yang digunakan. Kemudian pilih *Capture* dan klik *start*. Tunggu waktu hingga 1 menit. Setelah selesai klik *stop* kemudian masuk ke menu *Statistics* dan pilih *Capture File Properties*. Setelah itu hitung *throughput* menggunakan persamaan 6 dengan hasil pengukuran yang terdapat pada *Capture File Properties*.

2.9. Pengukuran Packet Loss

Pengukuran *packet loss* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Packet Loss (\%)} = \frac{\text{paket dikirim} - \text{paket diterima}}{\text{paket dikirim}} \times 100\% \quad (7)$$

Kategori *packet loss* menurut *TIPHON* disajikan di Tabel 3.

Tabel 3 Standar packet loss versi TIPHONI [5]

Kategori Degradasi	Besar Packet Loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Jelek	25	1

Pengukuran *packet loss* menggunakan aplikasi *wireshark*. Pertama masuk ke aplikasi *wireshark*, kemudian pilih *wifi* sebagai *interface* yang digunakan. Kemudian pilih *Capture* dan klik *start*. Tunggu waktu hingga 1 menit. Setelah selesai klik *stop* kemudian pada kolom pencarian ketik *tcp.analysis.lost_segment* lalu masuk ke menu *Statistics* dan pilih *Capture File Properties*. Setelah itu hitung *packet loss* menggunakan persamaan 7 dengan hasil pengukuran yang terdapat pada *Capture File Properties*.

2.10. Pengukuran Jitter

Pengukuran *jitter* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket yang Diterima}} \quad (8)$$

Kategori *jitter* menurut *TIPHON* disajikan di Tabel 4.

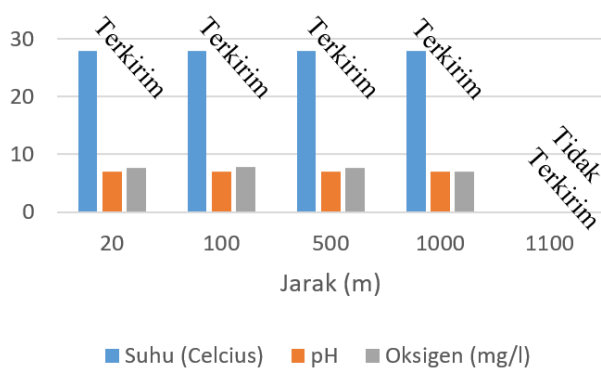
Tabel 4. Standar jitter versi TIPHON [5]

Kategori Jitter	Besar Jitter (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	0 - 75	3
Sedang	75 - 125	2
Jelek	125 - 225	1

Pengukuran *Jitter* menggunakan aplikasi *wireshark*. Pertama masuk ke aplikasi *wireshark*, kemudian pilih *wifi* sebagai *interface* yang digunakan. Kemudian pilih *Capture* dan klik *start*. Tunggu waktu hingga 1 menit. Setelah selesai klik *stop* kemudian pada kolom pencarian ketik *tcp* lalu masuk ke menu *File* pilih *Export Packet Dissection* setelah itu pilih *As CSV*, yang mana data akan diubah ke *file* dalam format *CSV*. Kemudian buka *file* yang di *export* tadi dan hitung *delay* menggunakan persamaan 8.

3. Hasil dan Pembahasan

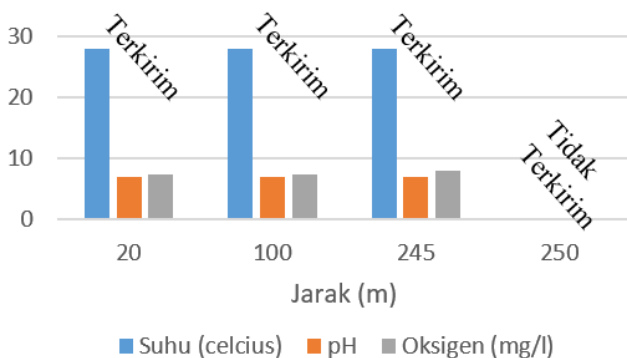
3.1 Hasil Pengujian Transmisi Data dengan Kondisi LOS



Gambar 7. Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi LOS

Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi LOS diatas menjangkau jarak maksimum 1000 meter. Disini ada error sedikit dimana pada *datasheet* maksimum jangkauan pengiriman data adalah 1100 meter. Disini memungkinkan karena posisi antara *transceiver* dan *receiver* tidak rata, tapi ada kemiringan sedikit. Untuk jarak 1000 meter terjangkau sudah termasuk baik, ini disebabkan karena tidak ada penghalang antara *transceiver* dan *receiver* yang menyebabkan redaman oleh *FSL (Free Space Loss)* masih bisa ditoleransi oleh sensitivitas pada *receiver*.

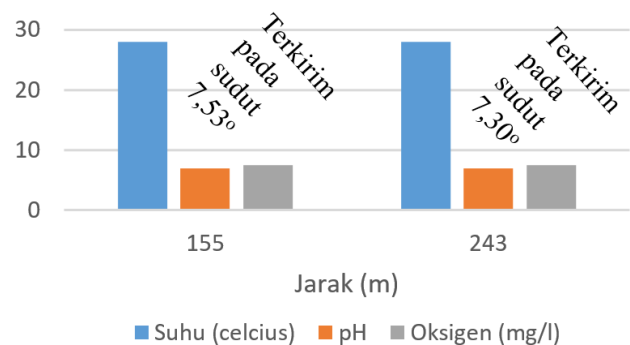
3.2 Hasil Pengujian Transmisi Data dengan Kondisi NLOS pada Posisi Datar



Gambar 8. Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi NLOS pada posisi datar

Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi NLOS pada posisi datar diatas menjangkau jarak maksimum 245 meter. Hal ini karena terjadinya pelemahan energi selama propagasi gelombang, sehingga energi gelombang radio diabsorpsi oleh penghalang yang ada diantara *transceiver* dan *receiver* sehingga menyebabkan sinyal yang dipancarkan NRF24I01 tidak mampu mengirimkan informasi ke *receiver*.

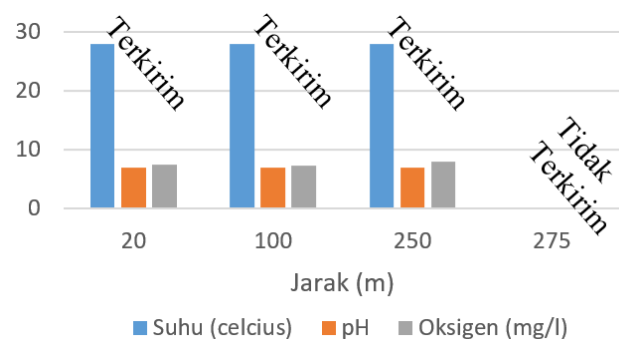
3.3 Hasil Pengujian Transmisi Data dengan Kondisi NLOS pada Posisi Tak Datar



Gambar 9. Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi NLOS pada posisi tak datar

Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 dalam kondisi NLOS pada posisi tak datar diatas memiliki jarak maksimal 243 meter. Saat posisi *transceiver* diubah dengan menurunkan ketinggiannya, jarak maksimal pada sistem juga menurun menjadi 155 meter. Dari data diatas menunjukkan nilai sudut yang hampir sama, ini dapat disimpulkan besar sudut maksimal untuk mencapai jarak maksimal pada saat pengiriman data dari *transceiver* ke *receiver* adalah sekitar 7°.

3.4 Hasil Pengujian Transmisi Data di Area Persawahan



Gambar 10. Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 di area persawahan

Hasil pengujian transmisi data menggunakan modul *transceiver* NRF24I01 di area persawahan memiliki jarak maksimal untuk transmisi adalah 250 meter dimana pada area persawahan tidak pada posisi datar melainkan

terdapat perbedaan ketinggian saat pengujian, selain itu di area persawahan juga terdapat beberapa penghalang seperti padi atau bahkan pepohonan yang menyebabkan jarak transmisi maksimal yang dicapai tidak terlalu jauh. Dengan demikian, sistem ini sudah dapat bekerja pada kondisi *real* yaitu di area persawahan.

3.5 Hasil Perhitungan *Path Calculation*

No	Kondisi	FSL (dB)	EIRP (dBm)	RSL (dBm)	Fading Margin (dB)
1	LOS	100,104	40	-40,104	54,896
2	NLOS datar	87,89	40	-27,89	67,11
3	NLOS tak datar (jarak maksimal 243 m)	87,88	40	-27,88	67,12
4	NLOS tak datar (jarak maksimal 155 m)	83,91	40	-23,91	71,09
5	Persawahan Langsung	88,24	40	-28,24	66,76

Pada tabel diatas dapat disimpulkan dalam kondisi LOS memiliki nilai FSL yang lebih besar yang menyebabkan jarak transmisi lebih jauh daripada kondisi lainnya. Namun untuk nilai RSL dan *Fading Margin* berbanding terbalik dengan FSL. Semakin besar nilai RSL dan *Fading Margin* suatu transmisi, maka semakin kecil nilai FSL.

3.6 Hasil Pengukuran QoS

Tabel 5. Hasil pengukuran QoS pada transmisi data *sink* ke *server*

Delay (ms)	Throughput (bps)	Packet Loss (0%)	Jitter (ms)
0,049437	15553,7	0	0,049047

Hasil menunjukkan nilai delay sebesar 0,049437 ms, dengan demikian sesuai standarisasi *TIPHON*, *delay* pada sistem masuk dalam kategori sangat bagus. Sesuai yang dihasilkan pada *Capture File Properties* pada aplikasi *wireshark* nilai *throughput* sebesar 15553,7 bps, maka sesuai standarisasi *TIPHON*, *throughput* pada sistem masuk dalam kategori sangat bagus. Pada saat pencarian nilai *tcp.analysis.lost_segment* di aplikasi *wireshark*, tidak ada nilai yang muncul, sehingga pada sistem tidak terjadi *packet loss* saat mengirimkan data dari *sink* ke *server*, dengan demikian sesuai standarisasi *TIPHON*, *packet loss* pada sistem masuk dalam kategori sangat bagus. *Jitter* yang didapatkan sesuai variasi delay pada sistem sebesar 049047 ms, maka sesuai standarisasi *TIPHON*, *Jitter* juga termasuk pada kategori sangat bagus.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa transmisi data oleh NRF24I01 dengan kondisi LOS dapat menjagkau hingga 1000 meter, sedangkan pada *datasheet* modul NRF24I01 maksimal jarak yang dicapai hingga 1100 meter. Ini disebabkan karena saat pengujian, modul *transceiver* dan *receiver* tidak rata. Transmisi data oleh NRF24I01 dengan kondisi NLOS pada posisi datar dapat menjagkau hingga 245 meter. Hal ini karena terjadinya

pelemahan energi selama propagasi gelombang. transmisi data oleh NRF24I01 dengan kondisi NLOS pada posisi tak datar dapat menjagkau jarak maksimal pada sudut sekitar 7°. transmisi data oleh NRF24I01 pada area persawahan dapat menjagkau hingga 150 meter. Hal ini dikarenakan pada area persawahan banyak padi ataupun pepohonan yang dapat menghalangi transmisi data oleh NRF24I01. Pengujian parameter QoS yang meliputi *delay*, *throughput*, *packet loss* dan *jitter* pada transmisi ESP2866 ke *web server* disimpulkan sangat baik, karena semua parameter yang diukur masuk pada kategori sangat baik sesuai standarisasi *TIPHON*.

Referensi

- [1] T. D. Hendrawati, N. Maulana, and A. R. Al Tahtawi, "Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai di Kawasan Industri Berbasis WSN dan IoT," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 4, no. 2, p. 283, 2019.
- [2] Y. B. Pramono, E. Susanto, and B. Setiadi, "Implementasi Wireless Sensor Network (Wsn) Untuk Sistem Perkiraan Cuaca Dengan Menggunakan Logika Fuzzy," vol. 2, no. 1, p. 1, 2015.
- [3] I. G. M. N. Desnanjaya and M. D. Alfian, "Pengiriman Data Nrf24L01+ Dengan Kondisi Line of Sight Dan Non Line of Sight," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 3, no. 2, pp. 128–139, 2020.
- [4] T. Susana, "Air Sebagai Sumber Kehidupan," *Oseana*, vol. 28, no. 3, pp. 17–25, 2003.
- [5] P. R. Utami, "Analisis Perbandingan Quality of Service Jaringan Internet Berbasis Wireless Pada Layanan Internet Service Provider (Isp) Indihome Dan First Media," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 25, no. 2, pp. 125–137, 2020.

Biodata



Khoerul Fajri

(21060117120045) lahir di Cirebon, 15 Februari 1999. Telah menempuh pendidikan mulai dari SDN 4 Panguragan Wetan selama 6 tahun, kemudian melanjutkan studi di SMPN 1 Panguragan selama 3 tahun dan di SMAN 1 Arjawinangun selama 3 tahun. Saat ini, penulis sedang menyelesaikan

pendidikan di S1 Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang angkatan 2017.

Saya menyatakan bahwa segala informasi yang tersedia di makalah ini adalah benar, merupakan hasil karya sendiri, bebas dari plagiat, dan semua karya orang lain telah dikutip dengan benar.

Khoerul Fajri

NIM. 21060117120045

Pengesahan

Telah disetujui untuk diajukan pada seminar Tugas Akhir Semarang, 15 Januari 2022.

Pembimbing 1

Imam Santoso, S.T., M.T.

NIP.197012031997021001

Pembimbing 2

Teguh Prakoso, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197706222010121001